

# MAGNETORESISTANCE EFFECT HEAD, ITS MANUFACTURE EFFECT HEAD, AND MAGNETIC RECORDING APPARATUS USING THE MAGNETORESISTANCE

**Publication number:** JP2001052316 (A)

**Also published as:**

**Publication date:** 2001-02-23

JP3446720 (B2)

**Inventor(s):** HAYASHI KAZUHIKO; NAKADA MASABUMI; OHASHI HIROYUKI; ISHIWATA NOBUYUKI; FUKAMI EIZO; NAGAHARA KIYOKAZU; HONJO HIROAKI; SAITO SHINSAKU; FUJIKATA JUNICHI; ISHIHARA KUNIHIKO; MORI SHIGERU; TSUGE HISANAO; KAMIJO ATSUSHI

**Applicant(s):** NIPPON ELECTRIC CO

**Classification:**

- **international:** G11B5/39; H01L43/08; H01L43/12; G11B5/39; H01L43/00;  
H01L43/08; (IPC1-7): G11B5/39; H01L43/08; H01L43/12

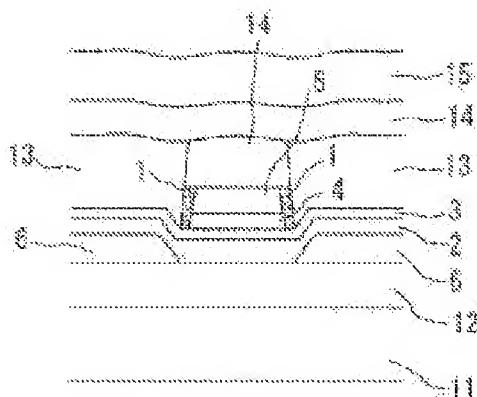
- **European:**

**Application number:** JP20000160728 20000530

**Priority number(s):** JP20000160728 20000530; JP19990153051 19990531

## Abstract of JP 2001052316 (A)

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a magnetoresistance effect head, which is made easily and in which a sense current does not bypass a barrier layer, to provide its manufacturing method and a magnetic recording apparatus which uses the magnetoresistance effect head. **SOLUTION:** This magnetoresistance effect head uses an MTJ film, which is composed fundamentally of a free layer 2, a barrier layer 3, a fixation layer 4 and a layer 5, to be fixed. An oxide layer and a nitride layer 1 which are obtained by oxidizing or nitrifying a metal material, which constitutes the fixation layer 4 and the layer 5 to be fixed are formed on. Thereby, it is possible to obtain magnetoresistance effect head, in which the noise of a reproducing waveform is small, as compared with conventional cases and in which the S/N ratio and the bit error rate are satisfactory.; In addition, a magnetic recording and reproducing apparatus and a magnetic recording apparatus, which are of high performance, can be obtained by using the magnetoresistance effect head.



Data supplied from the **esp@cenet** database — Worldwide

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2001-52316

(P2001-52316A)

(43)公開日 平成13年2月23日 (2001.2.23)

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>

G 1 1 B 5/39  
H 0 1 L 43/08  
43/12

識別記号

F I

テ-マコ-ト<sup>\*</sup> (参考)

G 1 1 B 5/39  
H 0 1 L 43/08  
43/12

Z

審査請求 有 請求項の数20 ○L (全 24 頁)

(21)出願番号 特願2000-160728(P2000-160728)

(71)出願人 000004237

日本電気株式会社

東京都港区芝五丁目7番1号

(22)出願日 平成12年5月30日 (2000.5.30)

(72)発明者 林 一彦

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

(31)優先権主張番号 特願平11-153051

(72)発明者 中田 正文

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

(32)優先日 平成11年5月31日 (1999.5.31)

(74)代理人 100108578

(33)優先権主張国 日本 (J P)

弁理士 高橋 詔男 (外3名)

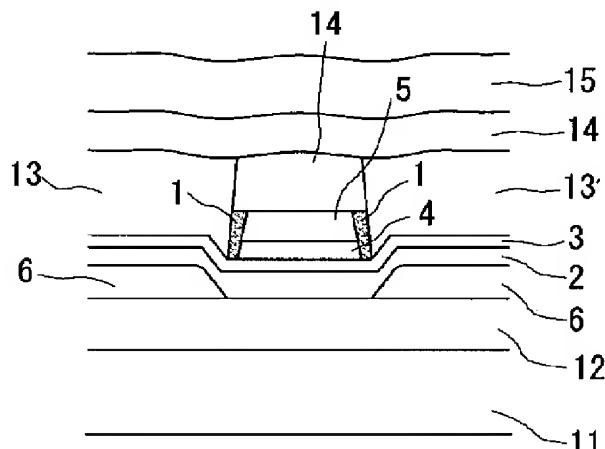
最終頁に統く

(54)【発明の名称】 磁気抵抗効果ヘッド、その製造方法、及びそれを用いた磁気記録装置

(57)【要約】

【課題】 作成が容易でセンス電流がバリア層をバイパスすることのない、磁気抵抗効果ヘッド、その製造方法、及びこの磁気抵抗効果ヘッドを用いた磁気記録装置を提供する。

【解決手段】 フリー層2、バリア層3、固定層4及び固定する層5を基本構成とするMTJ膜を用いた磁気抵抗効果ヘッドにおいて、固定層4及び固定する層5を構成する金属材料を酸化若しくは窒化させることにより得られる酸化層・窒化層1を形成するようにした。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 フリー層とこのフリー層上に形成されたバリア層とこのバリア層上に形成された固定層、もしくは、固定層とこの固定層上に形成されたバリア層とのバリア層上に形成されたフリー層、のうちのいずれかを基本構成とする強磁性トンネル接合膜を用いた磁気抵抗効果ヘッドにおいて、強磁性トンネル接合膜パターン内部に、強磁性トンネル接合膜を構成する金属材料の酸化物もしくは窒化物が存在することを特徴とする磁気抵抗効果ヘッド。

【請求項2】 前記金属材料は、フリー層であることを特徴とする請求項1に記載の磁気抵抗効果ヘッド。

【請求項3】 前記金属材料は、固定層であることを特徴とする請求項1に記載の磁気抵抗効果ヘッド。

【請求項4】 フリー層とこのフリー層上に形成されたバリア層とこのバリア層上に形成された固定層とこの固定層上に形成された固定する層、もしくは、固定する層とこの固定する層上に形成された固定層とこの固定層上に形成されたバリア層とこのバリア層上に形成されたフリー層、のうちのいずれかを基本構成とする強磁性トンネル接合膜を用いた磁気抵抗効果ヘッドにおいて、強磁性トンネル接合膜パターン内部に、強磁性トンネル接合膜を構成する金属材料の酸化物もしくは窒化物が存在することを特徴とする磁気抵抗効果ヘッド。

【請求項5】 前記金属材料は、固定する層であることを特徴とする請求項4に記載の磁気抵抗効果ヘッド。

【請求項6】 下地層とこの下地層上に形成されたフリー層とこのフリー層上に形成されたバリア層とこのバリア層上に形成された固定層とこの固定層上に形成された固定する層、もしくは、下地層とこの下地層上に形成された固定する層とこの固定する層上に形成された固定層とこの固定層上に形成されたバリア層とこのバリア層上に形成されたフリー層、のうちのいずれかを基本構成とする強磁性トンネル接合膜を用いた磁気抵抗効果ヘッドにおいて、強磁性トンネル接合膜パターン内部に、下地層を構成する金属材料の酸化物もしくは窒化物が存在することを特徴とする磁気抵抗効果ヘッド。

【請求項7】 フリー層とこのフリー層上に形成されたバリア層とこのバリア層上に形成された固定層とこの固定層上に形成された固定する層とこの固定する層上に形成された保護層、もしくは、固定する層とこの固定する層上に形成された固定層とこの固定層上に形成されたバリア層とこのバリア層上に形成されたフリー層とこのフリー層上に形成された保護層、のうちのいずれかを基本構成とする強磁性トンネル接合膜を用いた磁気抵抗効果ヘッドにおいて、

強磁性トンネル接合膜パターン内部に、保護層を構成する金属材料の酸化物もしくは窒化物が存在することを特徴とする磁気抵抗効果ヘッド。

【請求項8】 強磁性トンネル接合膜パターン端部に、強磁性トンネル接合膜を構成する金属材料の酸化物もしくは窒化物が存在することを特徴とする請求項1～7のいずれかに記載の磁気抵抗効果ヘッド。

【請求項9】 強磁性トンネル接合膜パターン端部およびバリア層上部に、強磁性トンネル接合膜を構成する金属材料の酸化物もしくは窒化物が存在することを特徴とする請求項1～8のいずれかに記載の磁気抵抗効果ヘッド。

【請求項10】 強磁性トンネル接合膜パターン端部および周囲に、強磁性トンネル接合膜を構成する金属材料の酸化物もしくは窒化物が存在することを特徴とする請求項1～9のいずれかに記載の磁気抵抗効果ヘッド。

【請求項11】 基体上に形成された下シールド層と、少なくとも一部が下シールド層の上部に形成されるか下シールド層と兼用された下電極層と、下電極層上に形成されパターン化によりエアー・ベアリング表面から見て下シールド層よりも狭い幅を有する縦バイアス層と、

フリー層とこのフリー層上に形成されたバリア層とこのバリア層上に形成された固定層とこの固定層上に形成された固定する層、もしくは、固定する層とこの固定する層上に形成された固定層とこの固定層上に形成されたバリア層とこのバリア層上に形成されたフリー層、のうちのいずれかを基本構成とし、フリー層の少なくとも一部が縦バイアス層の上部に位置し、縦バイアス層と直接あるいは下地層を介して接している強磁性トンネル接合膜と、

フリー層及び縦バイアス層の少なくとも一部上に形成された絶縁層と、

固定する層上に形成され、少なくとも一部が直接あるいは保護層を介して固定する層に接している上電極層と、少なくとも一部が上電極層の上部に形成されるか、上電極層と兼用された上シールドからなることを特徴とする磁気抵抗効果ヘッドにおいて、

パターン化された強磁性トンネル接合膜端部もしくは周囲に強磁性トンネル接合膜素子を構成する金属材料の酸化物もしくは窒化物が存在することを特徴とする磁気抵抗効果ヘッド。

【請求項12】 基体上に形成された下シールド層と、少なくとも一部が下シールド層の上部に形成されるか、下シールド層と兼用された下電極層と、下電極層上に形成されパターン化によりエアー・ベアリング表面から見て下シールド層よりも狭い幅を有する縦バイアス層と、

フリー層とこのフリー層上に形成されたバリア層とこのバリア層上に形成された固定層とこの固定層上に形成された固定する層、もしくは、固定する層とこの固定する

層上に形成された固定層とこの固定層上に形成されたバリア層とこのバリア層上に形成されたフリー層、のうちのいずれかを基本構成とし、フリー層の少なくとも一部が縦バイアス層の上部に位置し、縦バイアス層と直接あるいは下地層を介して接している強磁性トンネル接合膜と、  
フリー層及び縦バイアス層の少なくとも一部上に形成された絶縁層と、  
固定する層上に形成され、少なくとも一部が固定する層に直接あるいは保護層を介して接している上電極層と、少なくとも一部が上電極層の上部に形成されるか、上電極層と兼用された上シールドからなることを特徴とする磁気抵抗効果ヘッドにおいて、

パターン化された強磁性トンネル接合膜端部もしくは周囲に強磁性トンネル接合素子を構成する金属材料の酸化物もしくは窒化物が存在することを特徴とする磁気抵抗効果ヘッド。

**【請求項13】** 基体上に形成された下シールド層と、  
少なくとも一部が下シールド層の上部に形成されるか下シールド層と兼用された下電極層と、  
フリー層とこのフリー層上に形成されたバリア層とこのバリア層上に形成された固定層とこの固定層上に形成された固定する層、もしくは、固定する層とこの固定する層上に形成された固定層とこの固定層上に形成されたバリア層とこのバリア層上に形成されたフリー層、のうちのいずれかを基本構成とし、下電極層上に形成され、エアー・ベアリング表面側から見たフリー層の幅が下電極層以下である強磁性トンネル接合膜と、  
少なくとも一部がフリー層に接している絶縁層および絶縁層上に形成された縦バイアス層との積層膜、あるいは絶縁物からなる縦バイアス膜と、  
少なくとも一部がフリー層に直接あるいは保護層を介して接して上部に位置している上電極層と、  
少なくとも一部が上電極層の上部に形成されるか、上電極層と兼用された上シールドからなることを特徴とする磁気抵抗効果ヘッドにおいて、  
パターン化された強磁性トンネル接合膜端部もしくは周囲に強磁性トンネル接合素子を構成する金属材料の酸化物もしくは窒化物が存在することを特徴とする磁気抵抗効果ヘッド。

**【請求項14】** 基体上に形成された下シールド層と、  
少なくとも一部が下シールド層の上部に形成されるか下シールド層と兼用された下電極層と、  
フリー層とこのフリー層上に形成されたバリア層とこのバリア層上に形成された固定層とこの固定層上に形成された固定する層、もしくは、固定する層とこの固定する層上に形成された固定層とこの固定層上に形成されたバリア層とこのバリア層上に形成されたフリー層、のうち

のいずれかを基本構成とし、下電極層上に形成され、エアー・ベアリング表面側から見たフリー層の幅が下電極層以下である強磁性トンネル接合膜と、  
一部がフリー層に接している絶縁層と、  
界面制御層を介するかあるいは直接に、少なくとも一部がフリー層に接して上部に位置している縦バイアス層と、  
少なくとも一部が縦バイアス層に接して上部に位置している上電極層と、  
少なくとも一部が上電極層の上部に形成されるか、上電極層と兼用された上シールドからなることを特徴とする磁気抵抗効果ヘッドにおいて、  
パターン化された強磁性トンネル接合膜端部もしくは周囲に強磁性トンネル接合素子を構成する金属材料の酸化物もしくは窒化物が存在することを特徴とする磁気抵抗効果ヘッド。

**【請求項15】** フリー層とこのフリー層上に形成されたバリア層とこのバリア層上に形成された固定層、もしくは、固定層とこの固定層上に形成されたバリア層とこのバリア層上に形成されたフリー層、のうちのいずれかを基本構成とする強磁性トンネル接合膜を磁気抵抗効果素子として用いた用いた磁気抵抗効果ヘッドにおいて、  
強磁性トンネル接合膜をパターン化した後に、膜端部を酸化、もしくは窒化することを特徴とする磁気抵抗効果ヘッドの製造方法。

**【請求項16】** フリー層とこのフリー層上に形成されたバリア層とこのバリア層上に形成された固定層とこの固定層上に形成された固定する層、もしくは、固定する層とこの固定する層上に形成された固定層とこの固定層上に形成されたバリア層とこのバリア層上に形成されたフリー層、のうちのいずれかを基本構成とする強磁性トンネル接合膜を磁気抵抗効果素子として用いた磁気抵抗効果ヘッドにおいて、  
強磁性トンネル接合膜をパターン化する際に、パターン化を磁気抵抗効果素子を構成する層の途中で止めておき、磁気抵抗効果素子のうちパターン化が途中で止められている領域の少なくとも最表面を酸化、もしくは窒化することを特徴とする磁気抵抗効果ヘッドの製造方法。

**【請求項17】** 膜端部あるいは磁気抵抗効果素子のうち、パターン化が途中で止められている領域の少なくとも最表面を自然酸化により酸化することを特徴とする請求項15又は請求項16に記載の磁気抵抗効果ヘッドの製造方法。

**【請求項18】** 膜端部あるいは磁気抵抗効果素子のうち、パターン化が途中で止められている領域の少なくとも最表面をプラズマ酸化もしくはプラズマ窒化することを特徴とする、請求項15又は請求項16に記載の磁気抵抗効果ヘッドの製造方法。

**【請求項19】** 請求項1～14のいずれかに記載の

磁気抵抗効果ヘッドあるいは請求項15～18のいずれかに記載の製造方法で製造した磁気抵抗効果ヘッドと、前記磁気抵抗効果ヘッドをその一部に含む磁気抵抗センサを通る電流を生じる電流発生回路と、検出される磁界の関数として上記磁気抵抗センサの抵抗率変化を検出するデータ読取回路と、を備えた磁気抵抗変換システム。

【請求項20】 データ記録のための複数個のトラックを有する磁気記録媒体と、請求項19に記載の磁気抵抗変換システムと、磁気抵抗変換システムを前記磁気記録媒体の選択されたトラックへ移動させる第1のアクチュエータと、前記磁気記録媒体を回転駆動させる第2のアクチュエータと、を備えた磁気記録システム。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、磁気媒体上に情報信号を記録し、またその情報信号を読み取り・再生するための磁気ヘッド、及びその製造方法、及びそれを用いた磁気記録装置に関する。

##### 【0002】

【従来の技術】従来技術では、磁気抵抗センサ（以下、「MRセンサ」という）またはヘッドと呼ばれる磁気読み取り変換器が開示されており、これは、大きな線形密度で磁性表面からデータを読み取ることがわかっている。MRセンサは、読み取り素子によって感知される磁束の強さと方向の関数としての抵抗変化を介して磁界信号を検出する。こうした従来技術のMRセンサは、読み取り素子の抵抗の1成分が磁化方向と素子中を流れる感知電流の方向の間の角度の余弦の2乗に比例して変化する、異方性磁気抵抗効果（以下、「AMR効果」という）に基づいて動作する。AMR効果のより詳しい説明は、D. A. トムソン（Thompson）等の論文“Memory, Storage, and Related Applications” IEEE Trans. on Mag. MAG-11, p. 1039 (1975)に記載されている。AMR効果を用いた磁気ヘッドでは、バルクハウゼンノイズを抑えるために縦バイアスを印加することが多いが、この縦バイアス印加材料として、FeMn、NiMn、ニッケル酸化物などの反強磁性材料を用いる場合がある。

【0003】さらに最近では、積層磁気センサの抵抗変化が、非磁性層を介する磁性層間での電導電子のスピニ依存性伝送、及びそれに付随する層界面でのスピニ依存性散乱に帰される、より顕著な磁気抵抗効果が記載されている。この磁気抵抗効果は、「巨大磁気抵抗効果」や「スピニ・バルブ効果」など様々な名称で呼ばれている。このような磁気抵抗センサは適当な材料で出来ており、AMR効果を利用するセンサで観察されるよりも、感度が改善され、抵抗変化が大きい。この種のMRセンサでは、非磁性層で分離された一対の強磁性体層の間の

平面内抵抗が、2つの層の磁化方向間の角度の余弦に比例して変化する。

【0004】1988年6月に優先権主張されている特開平2-61572には、磁性層内の磁化の反平行整列によって生じる、高いMR変化をもたらす積層磁性構造が記載されている。積層構造で使用可能な材料として、上記明細書には強磁性の遷移金属及び合金が挙げられている。また、中間層により分離している少なくとも2層の強磁性層の一方に固定する層を付加した構造、および固定する層としてFeMnが適当であることが開示されている。

【0005】1990年8月22日に出願されている、特開平4-103014には、強磁性膜に他の中間層を挿入して多層膜とした強磁性トンネル接合膜において、少なくとも一層の強磁性層に反強磁性体からのバイアス磁界が印加されていることを特徴とする強磁性トンネル接合膜についての記載がある。強磁性トンネル接合膜を用いた再生ヘッドにおいて、フリー層の磁区を制御する層（縦バイアス層）がフリー層に接触しない構造において、強磁性トンネル接合膜を構成する金属材料以外の材料を成膜により形成させた例については、1996年1月27日に優先権主張されている、特開平10-162327に記述がある。

##### 【0006】

【発明が解決しようとする課題】強磁性トンネル接合膜を用いたシールド型磁気抵抗効果素子としては、アルミニナ等の絶縁材料を用いて、縦バイアス層が強磁性トンネル接合膜に直接接触しないようにした構造が提案されていた（特開平10-162327）。これは、強磁性トンネル接合を用いたシールド型素子においては、センス電流をトンネル接合部に垂直に流す必要があり、従来のスピニバルブを用いたシールド型素子と類似した構造では、バリア層をバイパスして、それに近傍にあるより抵抗値の低い縦バイアス部をセンス電流が流れてしまい、抵抗変化の検出に寄与しないという課題を解決するものであった。しかし、この構造はあらかじめパターン化した強磁性トンネル接合膜端部にさらに成膜によりアルミニナを形成させるという手法を用いていたために、強磁性トンネル接合膜をパターン化する際に、強磁性トンネル接合膜を形成する層のうちバリア層より下部に位置する層をパターン化する際に飛散した金属が、強磁性トンネル接合膜を構成する層のうちすでにパターン化されているバリア層を含む層の側壁に再付着し、素子として形成されたときにセンス電流がバリア層をバイパスして再付着層を通り、MR比が極端に低下するという問題があった。

【0007】本発明の目的は、作成が容易でしかもセンス電流がバリア層をバイパスすることのない、磁気抵抗効果ヘッド、その製造方法、及びこの磁気抵抗効果ヘッドを用いた磁気記録装置を提供することである。

## 【0008】

【課題を解決するための手段】請求項1に記載の発明は、フリー層とこのフリー層上に形成されたバリア層とこのバリア層上に形成された固定層、もしくは、固定層とこの固定層上に形成されたバリア層とこのバリア層上に形成されたフリー層、のうちのいずれかを基本構成とする強磁性トンネル接合膜を用いた磁気抵抗効果ヘッドにおいて、強磁性トンネル接合膜パターン内部に、強磁性トンネル接合膜を構成する金属材料の酸化物もしくは窒化物が存在することを特徴とする。

【0009】請求項2に記載の発明は、請求項1に記載の磁気抵抗効果ヘッドであって、前記金属材料は、フリー層であることを特徴とする。また、請求項3に記載の発明は、請求項1に記載の磁気抵抗効果ヘッドであって、前記金属材料は、固定層であることを特徴とする。

【0010】請求項4に記載の発明は、フリー層とこのフリー層上に形成されたバリア層とこのバリア層上に形成された固定層とこの固定層上に形成された固定する層、もしくは、固定する層とこの固定する層上に形成された固定層とこの固定層上に形成されたバリア層とこのバリア層上に形成されたフリー層、のうちのいずれかを基本構成とする強磁性トンネル接合膜を用いた磁気抵抗効果ヘッドにおいて、強磁性トンネル接合膜パターン内部に、強磁性トンネル接合膜を構成する金属材料の酸化物もしくは窒化物が存在することを特徴とする。

【0011】請求項5に記載の発明は、請求項4に記載の磁気抵抗効果ヘッドであって、前記金属材料は、固定する層であることを特徴とする。

【0012】請求項6に記載の発明は、下地層とこの下地層上に形成されたフリー層とこのフリー層上に形成されたバリア層とこのバリア層上に形成された固定層とこの固定層上に形成された固定する層、もしくは、下地層とこの下地層上に形成された固定する層とこの固定層上に形成されたバリア層とこのバリア層上に形成されたフリー層、のうちのいずれかを基本構成とする強磁性トンネル接合膜を用いた磁気抵抗効果ヘッドにおいて、強磁性トンネル接合膜パターン内部に、下地層を構成する金属材料の酸化物もしくは窒化物が存在することを特徴とする。

【0013】請求項7に記載の発明は、フリー層とこのフリー層上に形成されたバリア層とこのバリア層上に形成された固定層とこの固定層上に形成された固定する層とこの固定する層上に形成された保護層、もしくは、固定する層とこの固定する層上に形成された固定層とこの固定層上に形成されたバリア層とこのバリア層上に形成されたフリー層とこのフリー層上に形成された保護層、のうちのいずれかを基本構成とする強磁性トンネル接合膜を用いた磁気抵抗効果ヘッドにおいて、強磁性トンネル接合膜パターン内部に、保護層を構成する金属材料の酸化物もしくは窒化物が存在することを特徴とする。

【0014】請求項8に記載の発明は、請求項1～7のいずれかに記載の磁気抵抗効果ヘッドであって、強磁性トンネル接合膜パターン端部に、強磁性トンネル接合膜を構成する金属材料の酸化物もしくは窒化物が存在することを特徴とする。

【0015】請求項9に記載の発明は、請求項1～8のいずれかに記載の磁気抵抗効果ヘッドであって、強磁性トンネル接合膜パターン端部およびバリア層上部に、強磁性トンネル接合膜を構成する金属材料の酸化物もしくは窒化物が存在することを特徴とする。

【0016】請求項10に記載の発明は、請求項1～9のいずれかに記載の磁気抵抗効果ヘッドであって、強磁性トンネル接合膜パターン端部および周囲に、強磁性トンネル接合膜を構成する金属材料の酸化物もしくは窒化物が存在することを特徴とする。

【0017】請求項11に記載の発明は、基体上に形成された下シールド層と、少なくとも一部が下シールドの上部に形成されるか下シールドと兼用された下電極層と、下電極層上に形成されパターン化によりエアー・ベアリング表面から見て下シールド層よりも狭い幅を有する縦バイアス層と、フリー層とこのフリー層上に形成されたバリア層とこのバリア層上に形成された固定層とこの固定層上に形成された固定する層、もしくは、固定する層とこの固定する層上に形成された固定層とこの固定層上に形成されたバリア層とこのバリア層上に形成されたフリー層、のうちのいずれかを基本構成とし、フリー層の少なくとも一部が縦バイアス層の上部に位置し、縦バイアス層と直接あるいは下地層を介して接している強磁性トンネル接合膜と、フリー層及び縦バイアス層の少なくとも一部上に形成された絶縁層と、固定する層上に形成され、少なくとも一部が直接あるいは保護層を介して固定する層に接している上電極層と、少なくとも一部が上電極層の上部に形成されるか、上電極層と兼用された上シールドからなることを特徴とする磁気抵抗効果ヘッドにおいて、パターン化されたトンネル接合膜端部もしくは周囲に強磁性トンネル接合素子を構成する金属材料の酸化物もしくは窒化物が存在することを特徴とする。

【0018】請求項12に記載の発明は、基体上に形成された下シールド層と、少なくとも一部が下シールドの上部に形成されるか、下シールドと兼用された下電極層と、下電極層上に形成されパターン化によりエアー・ベアリング表面から見て下シールド層よりも狭い幅を有する縦バイアス層と、フリー層とこのフリー層上に形成されたバリア層とこのバリア層上に形成された固定層とこの固定層上に形成された固定する層、もしくは、固定する層とこの固定する層上に形成された固定層とこの固定層上に形成されたバリア層とこのバリア層上に形成されたフリー層、のうちのいずれかを基本構成とし、フリー層の少なくとも一部が縦バイアス層の上部に位置し、縦

バイアス層と直接あるいは下地層を介して接している強磁性トンネル接合膜と、フリー層及び縦バイアス層の少なくとも一部上に形成された絶縁層と、固定する層上に形成され、少なくとも一部が固定する層に直接あるいは保護層を介して接している上電極層と、少なくとも一部が上電極層の上部に形成されるか、上電極層と兼用された上シールドからなることを特徴とする磁気抵抗効果ヘッドにおいて、パターン化されたトンネル接合膜端部もしくは周囲に強磁性トンネル接合素子を構成する金属材料の酸化物もしくは窒化物が存在することを特徴とする。

【0019】請求項13に記載の発明は、基体上に形成された下シールド層と、少なくとも一部が下シールドの上部に形成されるか下シールドと兼用された下電極層と、フリー層とこのフリー層上に形成されたバリア層とこのバリア層上に形成された固定層とこの固定層上に形成された固定する層、もしくは、固定する層とこの固定する層上に形成された固定層とこの固定層上に形成されたバリア層とこのバリア層上に形成されたフリー層、のうちのいずれかを基本構成とし、下電極層上に形成され、エアー・ベアリング表面側から見たフリー層の幅が下電極層以下である強磁性トンネル接合膜と、少なくとも一部がフリー層に接している絶縁層および絶縁層上に形成された縦バイアス層との積層膜、あるいは絶縁物からなる縦バイアス膜と、少なくとも一部がフリー層に直接あるいは保護層を介して接して上部に位置している上電極層と、少なくとも一部が上電極層の上部に形成されるか、上電極層と兼用された上シールドからなることを特徴とする磁気抵抗効果ヘッドにおいて、パターン化されたトンネル接合膜端部もしくは周囲に強磁性トンネル接合素子を構成する金属材料の酸化物もしくは窒化物が存在することを特徴とする。

【0020】請求項14に記載の発明は、基体上に形成された下シールド層と、少なくとも一部が下シールドの上部に形成されるか下シールドと兼用された下電極層と、フリー層とこのフリー層上に形成されたバリア層とこのバリア層上に形成された固定層とこの固定層上に形成された固定する層、もしくは、固定する層とこの固定する層上に形成された固定層とこの固定層上に形成されたバリア層とこのバリア層上に形成されたフリー層、のうちのいずれかを基本構成とし、下電極層上に形成され、エアー・ベアリング表面側から見たフリー層の幅が下電極層以下である強磁性トンネル接合膜と、一部がフリー層に接している絶縁層と、界面制御層を介するかあるいは直接に、少なくとも一部がフリー層に接して上部に位置している縦バイアス層と、少なくとも一部が縦バイアス層に接して上部に位置している上電極層と、少なくとも一部が上電極層の上部に形成されるか、上電極層と兼用された上シールドからなることを特徴とする磁気抵抗効果ヘッドにおいて、パターン化されたトンネル接

合膜端部もしくは周囲に強磁性トンネル接合素子を構成する金属材料の酸化物もしくは窒化物が存在することを特徴とする。

【0021】請求項15に記載の発明は、磁気抵抗効果ヘッドの製造方法であって、フリー層とこのフリー層上に形成されたバリア層とこのバリア層上に形成された固定層、もしくは、固定層とこの固定層上に形成されたバリア層とこのバリア層上に形成されたフリー層、のうちのいずれかを基本構成とする強磁性トンネル接合膜を磁気抵抗効果素子として用いた用いた磁気抵抗効果ヘッドにおいて、強磁性トンネル接合膜をパターン化した後に、膜端部を酸化、もしくは窒化することを特徴とする。

【0022】請求項16に記載の発明は、磁気抵抗効果ヘッドの製造方法であって、フリー層とこのフリー層上に形成されたバリア層とこのバリア層上に形成された固定層とこの固定層上に形成された固定する層、もしくは、固定する層とこの固定する層上に形成された固定層とこの固定層上に形成されたバリア層とこのバリア層上に形成されたフリー層、のうちのいずれかを基本構成とする強磁性トンネル接合膜を磁気抵抗効果素子として用いた磁気抵抗効果ヘッドにおいて、トンネル接合膜をパターン化する際に、パターン化を磁気抵抗効果素子を構成する層の途中で止めておき、磁気抵抗効果素子のうちパターン化が途中で止められている領域の少なくとも最表面を酸化、もしくは窒化することを特徴とする。

【0023】請求項17に記載の発明は、請求項15又は請求項16に記載の磁気抵抗効果ヘッドの製造方法であって、膜端部あるいは磁気抵抗効果素子のうち、パターン化が途中で止められている領域の少なくとも最表面を自然酸化により酸化することを特徴とする。

【0024】請求項18に記載の発明は、請求項15又は請求項16に記載の磁気抵抗効果ヘッドの製造方法であって、膜端部あるいは磁気抵抗効果素子のうち、パターン化が途中で止められている領域の少なくとも最表面をプラズマ酸化もしくはプラズマ窒化することを特徴とする。

【0025】請求項19に記載の発明は、磁気抵抗変換システムであって、請求項1～14のいずれかに記載の磁気抵抗効果ヘッドあるいは請求項15～18のいずれかに記載の製造方法で製造した磁気抵抗効果ヘッドと、前記磁気抵抗効果ヘッドをその一部に含む磁気抵抗センサを通る電流を生じる電流発生回路と、検出される磁界の関数として上記磁気抵抗センサの抵抗率変化を検出するデータ讀取回路と、を備えたことを特徴とする。

【0026】請求項20に記載の発明は、磁気記録システムであって、データ記録のための複数個のトラックを有する磁気記録媒体と、請求項19に記載の磁気抵抗変換システムと、磁気抵抗変換システムを前記磁気記録媒体の選択されたトラックへ移動させる第1のアクチュエ

ータと、前記磁気記録媒体を回転駆動させる第2のアクチュエータと、を備えたことを特徴とする。

【0027】上記磁気抵抗効果ヘッドにおいては、強磁性トンネル接合膜（以下、「MTJ膜」という）を形成した後に、このMTJ膜のうち少なくとも前記固定する層と前記固定する層の側壁部分を酸化もしくは窒化する事により、これら固定する層及び固定する層を構成する金属材料の酸化物若しくは窒化物からなる層を形成することができるので、作成がきわめて容易である。また、上述のようにパターン化されたMTJ膜の側壁部に、金属の再付着層が形成された場合でも、製造工程で再付着層を酸化もしくは窒化させてしまえば、形成された酸化物や窒化物は絶縁体であるので、電気伝導に寄与しなくなり、電流がバリア層をバイパスする事も無くなる。そのため、製造上の歩留まりを向上させることができる。

#### 【0028】

【発明の実施の形態】以下、本発明に係る磁気抵抗効果ヘッドの第一乃至第六の実施の形態について、図面を参照して説明する。

【0029】[第一の実施の形態] 図1に、第一の実施形態に係る磁気抵抗効果ヘッドをエアーベアリング表面（以下、「ABS面」という）に平行に切った時の断面図を示す。この構成では、基体（図示省略）上に下シールド層11および下電極層12が積層される。その上に、フリー層2およびバリア層3が順次積層される。バリア層3上であって左右の縦バイアス層6の間の部分に、固定層4、固定する層5、上電極層14が積層され、これらは図1のようにパターン化される。パターン化された、固定層4／固定する層5の側壁には、固定層4及び固定する層5を構成している金属材料の酸化物・窒化物からなる層（強磁性トンネル接合膜を構成する金属材料の酸化物もしくは窒化物）が形成されている。以下、こうした層を酸化層・窒化層と称することとし、符号1として示す。さらに、その左右には絶縁層13が配置される。さらにその上に上電極層14および上シールド層15が積層される。フリー層2／バリア層3／固定層4／固定する層5、の部分が、MTJ膜（強磁性トンネル接合膜）である。

【0030】図19に、上記磁気抵抗効果ヘッドの平面図を示す。この図において、Aは、下シールド層11／下電極層12／フリー層2／バリア層3／絶縁層13が積層されている部分を示している。以下同様に、Bは、下シールド層11／下電極層12／フリー層2／バリア層3／絶縁層13を、Cは、下シールド層11／下電極層12／縦バイアス層6／フリー層2／バリア層3／絶縁層13／上電極層14／上シールド層15を、Dは、下シールド層11／下電極層12／フリー層2／バリア層3／固定層4／固定する層5／上電極層14／上シールド層15を、Eは、下シールド層11／下電極層12／フリー層2／バリア層3／絶縁層13／上電極層14

／上シールド層15を、Fは、下シールド層11／下電極層12／フリー層2／バリア層3／酸化層・窒化層1／上電極層14／上シールド層15を、各々示している。

【0031】この磁気抵抗効果ヘッドにおいては、仮に図中の上電極層14から下電極層12へ電流を流したとすると、電流は上電極層14から固定する層5、固定層4、バリア層3、フリー層2を順次通過して、下電極層12へと流れ、他の電流経路を通過することはない。

【0032】ここでは、下シールド層11上に下電極層12を積層し、上電極層14上に上シールド層15を積層した構造について述べたが、下シールド層11と下電極層12との間、または上電極層14と上シールド層15との間に、ギャップ層として絶縁層を配置することも可能である。また、下シールド層11と下電極層12、または上電極層14と上シールド層15を兼用にすることもできる。下電極層12とフリー層2との間には下地層を、固定する層5と上電極層14との間には上部層を設けることもできる。

【0033】このような本実施形態の他の例について、図2乃至図12を用いて説明する。先ず、図2に、他の一例に係る磁気抵抗効果ヘッドをABS面に平行に切った時の断面図を示す。この構成では、基体上に下シールド層11、下ギャップ層21および下電極層12が積層される。その上に、下地層（図示省略）／フリー層2／バリア層3が積層される。下地層／フリー層2は、バリア層3上の左右の縦バイアス層6の間の部分に、固定層4／固定する層5／上部層20／上電極層14が積層され、これらは図に示すようにパターン化される。パターン化された固定層4／固定する層5の側壁には、酸化層・窒化層1（固定層4及び固定する層5を構成している金属材料の酸化物もしくは窒化物）が形成されている。さらに、その左右には絶縁層13が配置される。さらにその上に、上電極層14、上ギャップ層22および上シールド層15が積層される。下地層／フリー層2／バリア層3／固定層4／固定する層5、の部分が、MTJ膜である。

【0034】この構造では、仮に図中の上電極層14から下電極層12へ電流を流したとすると、電流は上電極層14から固定する層5、固定層4、バリア層3、フリー層2を通過し、下電極層12へと流れ、他の電流経路を通過することはない。なお、下ギャップ層21、上ギャップ層22、下電極層12、上電極層14、フリー層3の下地層あるいは上部層20は、省略する場合もある。

【0035】図3は、図2の構造から下ギャップ層21及び上ギャップ層22を省略した構造を示している。また、図4は、図2の構造からさらに上電極層14を省略した構造、すなわち、上シールド層15が上電極層14を兼用する構造としたものを示している。ここでは、図

2における上部層20を省略し、代わりに保護層24を形成するようにしている。更に、図5は、図4において、下地層／フリー層2が縦バイアス層6の膜パターン端部及びパターン上にも形成されている構造とした場合を示している。

【0036】図6は、図4に示した構造において、バリア層3の上部にも酸化層・窒化層1を形成させた場合を示している。すなわち、固定層4、固定する層5、保護層24のパターンの側面、およびバリア層3の上部に、酸化層・窒化層1を形成させた場合である。具体的には、バリア層3上に固定層4を残しておいて、後に酸化することにより形成する。この際に、固定層4、固定する層5、および保護層24の側面も酸化されている。パターン化の際に、固定層4、固定する層5、保護層24の側面に再付着した金属物質も酸化される。ここでは図に示すように、縦バイアス層6上にも酸化層・窒化層1を形成させた場合を示したが、これは無くともかまわない。また固定層4、固定する層5、および保護層24の側面のすべてに酸化層・窒化層1を形成させる必要はなく、その一部のみに形成してもかまわない。更に、上部層20、もしくはフリー層2の下地層は、省略する場合もある。

【0037】図7は、図6に示した構造の変形例である。バリア層3上にも縦バイアス層6上にも形成される酸化層・窒化層1は、図6に示した場合のように、固定層4の膜厚とほぼ等しい必要は必ずしもなく、このように固定層4の膜厚と大きく異なっていてもかまわない。また、バリア層3上の酸化層・窒化層1は、必ずしも固定層4を構成する金属材料の酸化物もしくは窒化物である必要はなく、その上に形成されている固定する層5もしくは上部層20を構成する金属材料の酸化物もしくは窒化物が含まれていてもかまわない。

【0038】図8は、図6に示した構造の他の変形例であり、酸化層・窒化層1が、固定層4／固定する層5／上部層20の側面に形成されるだけでなく、バリア層3上部の、固定層4／固定する層5／上部層20のパターン近傍にも形成される場合である。パターン化の際に、固定層4／固定する層5／上部層20のパターン近傍のバリア層3上に残しておいた固定層4を、後で酸化することにより酸化層・窒化層1を形成させた場合が、この構造になる。

【0039】図9は、図7に示した構造の変形例であり、縦バイアス層6のパターンの斜面上にも、酸化層・窒化層1が形成されている場合である。

【0040】図10は、酸化層・窒化層1が、フリー層2／バリア層3／固定層4／固定する層5／上部層20の側面、および下電極層12上にも形成される場合の構造である。パターン化の際に残しておいたフリー層2を、後で酸化することにより酸化層・窒化層1を形成させた場合が、この構造になる。ここでは図に示すよう

に、縦バイアス層6のパターン上には、酸化層・窒化層1が形成されていない場合を示したが、形成されていてもかまわない。また、ここでは縦バイアス層6のパターンの斜面上には、酸化層・窒化層1が形成されていない場合を示したが、形成されていてもかまわない。

【0041】図11は、酸化層・窒化層1が、フリー層2／バリア層3／固定層4／固定する層5／上部層20の側面、およびフリー層2上にも形成される場合の構造である。パターン化の際に残しておいたフリー層2の上部を、後で酸化することにより酸化層・窒化層1を形成させた場合が、この構造になる。ここでは図に示すように、縦バイアス層6のパターン上には、酸化層・窒化層1が形成されている場合を示したが、形成されていてもかまわない。また、ここでは縦バイアス層6のパターンの斜面上には、酸化層・窒化層1が形成されていない場合を示したが、形成されていてもかまわない。

【0042】図12は、フリー層2／バリア層3／固定層4／固定する層5／上部層20がパターン化されていて、そのパターン端部に、酸化層・窒化層1が形成されている場合である。この際、フリー層2の下地層がパターン化されているかどうかは適宜選択でき、下電極層12上にはフリー層2の下地層が残されていてもかまわない。縦バイアス層6のパターン上もしくはパターン端部上には、フリー層2が残されていてもかまわない。なお、この例においては、下シールド層11が下電極層12を兼用する構造としたものを示しており、その上にはギャップ調整導電層25が形成されている。

【0043】なお、上記図4から図12に示した構造においては、フリー層2に下地層がある場合を示したが、下地層は省略する場合もある。

【0044】〔第二の実施の形態〕図13に、第二の実施形態に係る磁気抵抗効果ヘッドをA B S面に平行に切った時の断面図を示す。この構成では、基体（図示省略）上に下シールド層11、下電極層12およびフリー層2が積層される。その上に、図のようにパターン化された縦バイアス層6が積層される。フリー層2上であって左右の縦バイアス層6の間の部分に、バリア層3、固定層4、固定する層5、及び上電極層14が順次積層され、これらは図のようにパターン化される。さらに、その左右には絶縁層13が配置される。フリー層2／バリア層3／固定層4／固定する層5の部分が、MTJ膜である。パターン化された、固定層4／固定する層5の側壁には、酸化層・窒化層（固定層4及び固定する層5を構成している、金属材料の酸化物・窒化物からなる層）1が形成される。

【0045】なお、図20に、上記磁気抵抗効果ヘッドの平面図を示す。この図において、Aは、下シールド層11／下電極層12が積層されている部分を示している。以下同様に、Bは、下シールド層11／下電極層12／フリー層2／絶縁層13を、Cは、下シールド層1

1／下電極層12／フリー層2／縦バイアス層6／絶縁層13／上シールド層15を、Dは、下シールド層11／下電極層12／フリー層2／バリア層3／固定層4／固定する層5／上電極層14／上シールド層15を、Eは、下シールド層11／下電極層12／フリー層2／絶縁層13／上シールド層15を、Fは、下シールド層11／下電極層12／フリー層2／絶縁層13／上シールド層15を、Gは、下シールド層11／下電極層12／フリー層2／絶縁層13／上電極層14を、Hは、下シールド層11／下電極層12／フリー層2／絶縁層13／上シールド層15を、Iは、下シールド層11／下電極層12／フリー層2／酸化層・窒化層1／上電極層14／上シールド層15を、各々示している。

【0046】この磁気抵抗効果ヘッドにおいては、仮に図中の上電極層14から下電極層12へ電流を流したとすると、電流は上電極層14から固定する層5、固定層4、バリア層3、フリー層2を順次通過して、下電極層12へと流れ、他の電流経路を通過することはない。

【0047】ここでは、下シールド層11上に下電極層12を積層した構造について述べたが、下シールド層11と下電極層12との間に、ギャップ層として絶縁層を配置することも可能である。また、下シールド層11と下電極層12を兼用にすることもできる。下電極層12とフリー層2との間には、下地層を設けることもできる。

【0048】〔第三の実施の形態〕図14に、第三の実施形態に係る磁気抵抗効果ヘッドをABS面に平行に切った時の断面図を示す。この構成では、基体(図示省略)上に下シールド層11、下電極層12が積層される。その上に、図のようにパターン化された、固定する層5、固定層4、バリア層3、フリー層2が順次積層される。固定する層5／固定層4／バリア層3／フリー層2の側壁には、酸化層・窒化層(固定する層5、固定層4、バリア層3及びフリー層2を構成する、金属材料の酸化物・窒化物からなる層)1が形成される。さらにその外側に、絶縁層13が配置されている。また、フリー層2の左右には、縦バイアス層6が配置されている。さらにその上部には、上電極層14および上シールド層15が積層される。固定する層5／固定層4／バリア層3／フリー層2の部分が、MTJ膜である。

【0049】なお、図21に、上記磁気抵抗効果ヘッドの平面図を示す。この図において、Aは、下シールド層11／下電極層12が積層されている部分を示している。以下同様に、Bは、下シールド層11／下電極層12／絶縁層13を、Cは、下シールド層11／下電極層12／縦バイアス層6／上電極層14／上シールド層15を、Dは、下シールド層11／下電極層12／固定する層5／固定層4／バリア層3／フリー層2／上電極層14／上シールド層15を、Eは、下シールド層11／

下電極層12／絶縁層13／上電極層14／上シールド層15を、Fは、下シールド層11／下電極層12／固定する層5／固定層4／バリア層3／フリー層2／酸化層・窒化層1／絶縁層13／縦バイアス層6／上電極層14／上シールド層15を、各々示している。

【0050】この磁気抵抗効果ヘッドにおいては、仮に図中の上電極層14から下電極層12へ電流を流したとすると、電流は上電極層14からフリー層2、バリア層3、固定層4、固定する層5を順次通過して、下電極層12へと流れ、他の電流経路を通過することはない。

【0051】ここでは、下シールド層11上に下電極層12を積層し、上電極層14上に上シールド層15を積層した構造について述べたが、下シールド層11と下電極層12との間、または上電極層14と上シールド層15との間に、ギャップ層として絶縁層を配置することも可能である。また、下シールド層11と下電極層12を、または上電極層14と上シールド層15を兼用にすることもできる。下電極層12とフリー層2との間には下地層を、フリー層2と上電極層14との間には上部層を設けることができる。また、ここではMTJ膜のうち、固定する層5／固定層4／バリア層3／フリー層2をパターン化した場合について示したが、少なくともフリー層2がパターン化されていればよく、それ以下の部分を、どこまでパターン化するかは適宜選択することができる。

【0052】図15は、図14に示した構造の変形例である。図14に示した構造との違いは、フリー層2のパターン上に保護層24を介して縦バイアス層6のパターンが乗り上げている点である。この際に、保護層24は省略することもできる。

【0053】〔第四の実施の形態〕図16に、第四の実施形態に係る磁気抵抗効果ヘッドをABS面に平行に切った時の断面図を示す。この構成では、基体(図示省略)上に下シールド層11、下電極層12、固定する層5、固定層4およびバリア層3が順次積層される。その上に、図のようにパターン化された、固定する層5、固定層4、バリア層3、フリー層2が順次積層される。固定する層5／固定層4／バリア層3／フリー層2の側壁には、酸化層・窒化層(固定する層5、固定層4、バリア層3及びフリー層2を構成する、金属材料の酸化物・窒化物からなる層)1が形成される。さらにその外側に、絶縁物質からなる縦バイアス層6が配置されている。さらにその上部には、上電極層14および上シールド層15が積層される。固定する層5／固定層4／バリア層3／フリー層2の部分が、MTJ膜である。

【0054】この構成では、仮に図中の上電極層14から下電極層12へ電流を流したとすると、電流は上電極層14からフリー層2、バリア層3、固定層4、固定する層5を順次通過して、下電極層12へと流れ、他の電流経路を通過することはない。

【0055】なお、図22に、上記磁気抵抗効果ヘッドの平面図を示す。この図において、Aは、下シールド層11／下電極層12が積層されている部分を示している。以下同様に、Bは、下シールド層11／下電極層12／絶縁層13を、Cは、下シールド層11／下電極層12／縦バイアス層6／上電極層14／上シールド層15を、Dは、下シールド層11／下電極層12／固定する層5／固定層4／バリア層3／フリー層2／上電極層14／上シールド層15を、Eは、下シールド層11／下電極層12／絶縁層13／上電極層14／上シールド層15を、Fは、下シールド層11／下電極層12／固定する層5／固定層4／バリア層3／フリー層2／酸化層・窒化層1／縦バイアス層6／上電極層14／上シールド層15を、各々示している。

【0056】ここでは、下シールド層11上に下電極層12を積層し、上電極層14上に上シールド層15を積層した構造について述べたが、下シールド層11と下電極層12との間、または上電極層14と上シールド層15との間に、ギャップ層として絶縁層を配置することも可能である。下シールド層11と下電極層12を、または上電極層14と上シールド層15を兼用にすることもできる。下電極層12と固定する層5との間には下地層を、フリー層2と上電極層14との間には上部層を設けることもできる。また、ここではMTJ膜のうち、固定する層5／固定層4／バリア層3／フリー層2をパターン化した場合について示したが、少なくともフリー層2がパターン化されていればよく、それ以下の部分は、どこまでパターン化するかは適宜選択することができる。

【0057】〔第五の実施の形態〕図17に、第五の実施形態に係る磁気抵抗効果ヘッドをABS面に平行に切った時の断面図を示す。この構成では、基体（図示省略）上に下シールド層11、下電極層12が積層される。その上に、図のようにパターン化された、固定する層5、固定層4、バリア層3、フリー層2、界面制御層7、縦バイアス層6が順次積層される。縦バイアスは、界面制御層7により印加される大きさがコントロールされた後に、フリー層2に印加される。固定する層5／固定層4／バリア層3／フリー層2／界面制御層7／縦バイアス層6の側壁には、酸化層・窒化層（固定する層5、固定層4、バリア層3、フリー層2、界面制御層7、縦バイアス層6を構成する、金属材料の酸化物・窒化物からなる層）1が形成される。さらにその外側には、絶縁層13が配置されている。さらにその上部には、上電極層14および上シールド層15が積層される。固定する層5／固定層4／バリア層3／フリー層2の部分が、MTJ膜である。

【0058】なお、図23に、上記磁気抵抗効果ヘッドの平面図を示す。この図において、Aは、下シールド層11／下電極層12が積層されている部分を示してい

る。以下同様に、Bは、下シールド層11／下電極層12／絶縁層13を、Cは、下シールド層11／下電極層12／絶縁層13／上電極層14／上シールド層15を、Dは、下シールド層11／下電極層12／固定する層5／固定層4／バリア層3／フリー層2／界面制御層7／縦バイアス層6／上電極層14／上シールド層15を、Eは、下シールド層11／下電極層12／固定する層5／固定層4／バリア層3／フリー層2／界面制御層7／縦バイアス層6／酸化層・窒化層1／上電極層14／上シールド層15を、各々示している。

【0059】この構造では、仮に図中の上電極層14から下電極層12へ電流を流したとすると、電流は上電極層14から縦バイアス層6、界面制御層7、フリー層2、バリア層3、固定層4、固定する層5を順次通過して、下電極層12へと流れ、他の電流経路を通過することはない。

【0060】ここでは、下シールド層11上に下電極層12を積層し、上電極層14上に上シールド層15を積層した構造について述べたが、下シールド層11と下電極層12との間、または上電極層14と上シールド層15との間に、ギャップ層として絶縁層を配置することも可能である。また、下シールド層11と下電極層12、または上電極層14と上シールド層15を兼用にすることもできる。下電極層12と固定する層5との間には下地層を、また縦バイアス層6と上電極層14との間には上部層を設けることができる。縦バイアス層6を構成する材料に適当な材料を選べば、界面制御層7を省略することもできる。また、ここではMTJ膜8のうち、固定する層5／固定層4／バリア層3／フリー層2をパターン化した場合について示したが、少なくともフリー層2がパターン化されていればよく、それ以下の部分はどこまでパターン化するかは適宜選択することができる。

【0061】〔第六の実施の形態〕図18に、第六の実施形態に係る磁気抵抗効果ヘッドをABS面に平行に切った時の断面図を示す。この構成では、基体（図示省略）上に、下電極層12を兼用した下シールド層11が積層される。その上に、ギャップ調整導電層25が積層され、更に下地層（図示省略）／固定する層5／固定層4／バリア層3／フリー層2／保護層24が成膜されパターン化される。下地層／固定する層5／固定層4／バリア層3／フリー層2／保護層24のパターンが、MTJ膜である。MTJ膜パターン側壁には、酸化層・窒化層1が形成されている。さらに、その左右には絶縁層13が配置される。縦バイアス層6は、絶縁層13を介してMTJ膜パターンの左右に形成される。縦バイアス層6のパターンと下シールド層11兼下電極層12の間、もしくは縦バイアス層6と上シールド層15兼上電極層14との間には、絶縁層が13が形成されている。さらにその上に上シールド層兼上電極層14が積層される。

【0062】この際に、下シールド層11と下電極層1

2、または上シールド層15と上電極層14とは、兼用にしないで別々に設けることもできる。さらに、上電極層14と上シールド層15との間に上ギャップ層、下シールド層11と下電極層12との間に下ギャップ層を設けることもできる。また、固定する層5の下地層及びフリー層2上の保護層24は省略することもできる。また、ここでは下地層/固定する層5/固定層4/バリア層3/フリー層2/保護層24すべてをパターン化した場合を示したが、このうちのどこまでパターン化するかは適宜選択することができる。

【0063】なお、上記各実施形態においては、縦バイアス形状として上から見て長方形のものを図19乃至図23に示したが、実際には種々の形状のものを用いることができる。

【0064】以下にそれぞれの構造の詳細、および作成手順の代表的な例について記述する。また、記録再生ヘッドへの適用例についても記述する。

【0065】各層を構成する要素として、以下にその有用な材料の例を示す。基体10としては、アルチック、SiC、アルミナ、アルチック/アルミナ、SiC/アルミナが挙げられる。

【0066】下シールド層11としては、NiFe、CoZr、CoFeB、CoZrMo、CoZrNb、CoZr、CoZrTa、CoHf、CoTa、CoTaHf、CoNbHf、CoZrNb、CoHfPd、CoTaZrNb、CoZrMoNi合金、FeAlSi、窒化鉄系材料、MnZnフェライト、NiZnフェライト、MgZnフェライトからなる単体、多層膜、および混合物が挙げられる。

【0067】下電極層12としては、Au、Ag、Cu、Mo、W、Y、Ti、Zr、Hf、V、Nb、Pt、Taからなる単体、多層膜、および混合物が挙げられる。

【0068】界面制御層7としては、Al酸化物、Si酸化物、窒化アルミニウム、窒化シリコン、ダイヤモンドライクカーボン、Au、Ag、Cu、Mo、W、Y、Ti、Zr、Hf、V、Pt、Nb、Taからなる単体、多層膜、および混合物が挙げられる。

【0069】上電極層14としては、Au、Ag、Cu、Mo、W、Y、Pt、Ti、Zr、Hf、V、Nb、Taからなる単体、多層膜、および混合物が挙げられる。

【0070】上シールド層15としては、NiFe、CoZr、CoFeB、CoZrMo、CoZrNb、CoZr、CoZrTa、CoHf、CoTa、CoTaHf、CoNbHf、CoZrNb、CoHfPd、CoTaZrNb、CoZrMoNi合金、FeAlSi、窒化鉄系材料、MnZnフェライト、NiZnフェライト、MgZnフェライトからなる単体、多層膜、および混合物が挙げられる。

【0071】絶縁層13としては、Al酸化物、Si酸化物、窒化アルミニウム、窒化シリコン、ダイヤモンドライクカーボンからなる単体、多層膜、および混合物が挙げられる。

【0072】下ギャップ層21あるいは上ギャップ層22としては、Al酸化物、Si酸化物、窒化アルミニウム、窒化シリコン、ダイヤモンドライクカーボンからなる単体、多層膜、および混合物が挙げられる。

【0073】上部層20としては、Au、Ag、Cu、Mo、W、Y、Ti、Pt、Zr、Hf、V、Nb、Taからなる単体、多層膜、および混合物が挙げられる。

【0074】縦バイアス層6としては、CoCrPt、CoCr、CoPt、CoCrTa、FeMn、NiMn、NiI酸化物、NiCo酸化物、Fe酸化物、NiFe酸化物、IrMn、PtMn、PtPdMn、ReMn、Coフェライト、Baフェライトからなる単体、多層膜、および混合物が挙げられる。

【0075】MTJ膜(磁気抵抗効果膜)としては、以下の構成のものを用いることができる。第一に、基体/下地層/フリー層/第1MRエンハンス層/バリア層/第2MRエンハンス層/固定層/固定する層/保護層、からなるものである。第二に、基体/下地層/固定する層/固定層/第1MRエンハンス層/バリア層/第2MRエンハンス層/フリー層/保護層、からなるものである。第三に、基体/下地層/第1の固定する層/第1固定層/第1MRエンハンス層/バリア層/第2MRエンハンス層/フリー層/第3MRエンハンス層/バリア層/第4MRエンハンス層/第2固定層/第2の固定する層/保護層、からなるものである。第四に、基体/下地層/固定層/第1MRエンハンス層/バリア層/第2MRエンハンス層/フリー層/保護層、からなるものである。第五に、基体/下地層/フリー層/第1MRエンハンス層/バリア層/第2MRエンハンス層/固定層/保護層からなるものである。

【0076】下地層としては、金属、酸化物、窒化物からなる单層膜、混合物膜、または多層膜を用いる。具体的には、Ta、Hf、Zr、W、Cr、Ti、Mo、Pt、Ni、Ir、Cu、Ag、Co、Zn、Ru、Rh、Re、Au、Os、Pd、Nb、Vおよびこれらの材料の酸化物あるいは窒化物、からなる单層膜、混合物膜、または多層膜を用いる。添加元素として、Ta、Hf、Zr、W、Cr、Ti、Mo、Pt、Ni、Ir、Cu、Ag、Co、Zn、Ru、Rh、Re、Au、Os、Pd、Nb、Vを用いることができる。なお、上記の通り、下地層は用いない場合もある。

【0077】フリー層2としては、NiFe、CoFe、NiFeCo、FeCo、CoFeB、CoZrMo、CoZrNb、CoZr、CoZrTa、CoHf、CoTa、CoTaHf、CoNbHf、CoZrNb、CoHfPd、CoTaZrNb、CoZrMo

Ni合金、またはアモルファス磁性材料を用いることができる。

【0078】バリア層3としては、酸化物、窒化物、酸化物と窒化物の混合物もしくは金属／酸化物2層膜、金属／窒化物2層膜、金属／(酸化物と窒化物との混合物)2層膜、を用いる。Ti、V、Cr、Co、Cu、Zn、Y、Zr、Nb、Mo、Tc、Ru、Rh、Pd、Ag、Hf、Ta、W、Re、Os、Ir、Pt、Au、Si、Al、Ti、Ta、Pt、Ni、Co、Re、Vの酸化物および窒化物の単体、多層膜、混合物、またはこれらとTi、V、Cr、Co、Cu、Zn、Y、Zr、Nb、Mo、Tc、Ru、Rh、Pd、Ag、Hf、Ta、W、Re、Os、Ir、Pt、Au、Si、Al、Ti、Ta、Pt、Ni、Co、Re、Vの酸化物および窒化物の単体、多層膜、混合物との積層膜は有力な候補となる。

【0079】第1および第2MRエンハンス層としては、Co、NiFeCo、FeCo等、またはCoFeB、CoZrMo、CoZrNb、CoZr、CoZrTa、CoHf、CoTa、CoTaHf、CoNbHf、CoZrNb、CoHfPd、CoTaZrNb、CoZrMoNi合金またはアモルファス磁性材料を用いる。MRエンハンス層を用いない場合は、用いた場合に比べて若干MR比が低下するが、用いない分だけ作製に要する工程数は低減する。

【0080】固定層4としては、NiFe、CoFe、NiFeCo、FeCo、CoFeB、CoZrMo、CoZrNb、CoZr、CoZrTa、CoHf、CoTa、CoTaHf、CoNbHf、CoZrNb、CoHfPd、CoTaZrNb、CoZrMoNi合金またはアモルファス磁性材料を用いることができる。または、これらと、Ti、V、Cr、Co、Cu、Zn、Y、Zr、Nb、Mo、Tc、Ru、Rh、Pd、Ag、Hf、Ta、W、Re、Os、Ir、Pt、Au、Si、Al、Ti、Ta、Pt、Ni、Co、Re、Vをベースとするグループからなる単体、合金、または積層膜とを、組み合わせた積層膜を用いることも可能である。特に、Co/Ru/Co、CoFe/Ru/CoFe、CoFeNi/Ru/CoFeNi、Co/Cr/Co、CoFe/Cr/CoFe、CoFeNi/Cr/CoFeNiは有力な候補である。

【0081】固定する層5としては、FeMn、NiMn、IrMn、RhMn、PtPdMn、ReMn、PtMn、PtCrMn、CrMn、CrAl、TbCo、Ni酸化物、Fe酸化物、Ni酸化物とCo酸化物の混合物、Ni酸化物とFe酸化物の混合物、Ni酸化物／Co酸化物2層膜、Ni酸化物／Fe酸化物2層膜、CoCr、CoCrPt、CoCrTa、PtCoなどを用いることができる。PtMnもしくはPtMnにTi、V、Cr、Co、Cu、Zn、Y、Zr、N

b、Mo、Tc、Ru、Rh、Pd、Ag、Hf、Ta、W、Re、Os、Ir、Pt、Au、Si、Al、Ti、Taを添加した材料は有力な候補である。

【0082】保護層24としては、酸化物、窒化物、酸化物と窒化物の混合物もしくは金属／酸化物2層膜、金属／窒化物2層膜、金属／(酸化物と窒化物との混合物)2層膜、を用いる。Ti、V、Cr、Co、Cu、Zn、Y、Zr、Nb、Mo、Tc、Ru、Rh、Pd、Ag、Hf、Ta、W、Re、Os、Ir、Pt、Au、Si、Al、Ti、Ta、Pt、Ni、Co、Re、Vの酸化物および窒化物の単体、多層膜、混合物、またはこれらとTi、V、Cr、Co、Cu、Zn、Y、Zr、Nb、Mo、Tc、Ru、Rh、Pd、Ag、Hf、Ta、W、Re、Os、Ir、Pt、Au、Si、Al、Ti、Ta、Pt、Ni、Co、Re、Vの酸化物および窒化物の単体、多層膜、混合物との積層膜が有力な候補となる。上部層20は、用いない場合もある。

【0083】次に、第一乃至第六の実施形態に係る磁気抵抗効果ヘッドの作成手順についての例を、図24乃至図27を用いて説明する。

【0084】図24は、第一の実施形態に係る磁気抵抗効果ヘッドの作成手順の例であり、(1)から(9)の順で作成される。先ず、基体10上に下シールド層11、下電極層12を順次形成する((1))。その上にステンシルPR21を形成し((2))、縦バイアス層6を成膜した後にリフトオフする((3))。更に、MTJ膜8、上電極層14を成膜し((4))、PR22を形成しミリングする((5))。次に、パターン化されたMTJ膜8の側壁部を酸化または窒化する((6))。酸化は、大気中、酸素を不活性元素で希釈した雰囲気中、もしくは圧力を下げた酸素雰囲気中において自然酸化する方法でも、酸素を不活性元素で希釈し圧力を調節した雰囲気中でプラズマを発生させ、プラズマに素子を接触させる方法(プラズマ酸化法)でもかまわない。窒化は、窒素を不活性ガスで希釈し圧力を調節した雰囲気中でプラズマを発生させ、接触させる方法で作成する方がよい。あるいは、ミリングを行う際にミリングガス中に酸素もしくは窒素を適量導入し、ミリングを行いながらMTJ膜8の側壁部を酸化もしくは窒化する事もできる。酸化もしくは窒化行程が終わったら絶縁層13を成膜し、リフトオフする((7))。さらに下電極が露出するまで絶縁層13を穴あけし((8))、上シールド層15を形成する((9))。

【0085】図25は、第二の実施形態に係る磁気抵抗効果ヘッドの作成手順の例であり、(1)から(8)の順で作成される。先ず、基体10上に、下シールド層11、下電極層12、MTJ膜8、上電極層14を順次形成する((1))。その上にステンシルPR21を形成し、ミリングする((2))。次に、パターン化されたMTJ膜8

の側端部を酸化または窒化する((3))。酸化は、大気中、酸素を不活性元素で希釈した雰囲気中、もしくは圧力を下げた酸素雰囲気中において自然酸化する方法でも、酸素を不活性元素で希釈し圧力を調節した雰囲気中でプラズマを発生させ、プラズマに素子を接触させる方法(プラズマ酸化法)でもかまわない。窒化は、窒素を不活性ガスで希釈し圧力を調節した雰囲気中でプラズマを発生させ、接触させる方法で作成する方がよい。あるいは、ミリングを行う際にミリングガス中に酸素もしくは窒素を適量導入し、ミリングを行いながらMTJ膜8の側壁部を酸化もしくは窒化する事もできる。酸化もしくは窒化行程が終わったらステンシルPR21を除去する。更に、PR22を形成し((4))、縦バイアス層6を成膜した後、リフトオフする((5))。次に絶縁層13を成膜し、ケミカルメカニカルポリッシング(CMP)により絶縁層13を上電極層14が露出するところまで削る((6))。下電極層12が露出するまで絶縁層13を穴あけし((7))、上シールド層15を形成する((8))。

【0086】図26は、第三の実施形態に係る磁気抵抗効果ヘッドの作成手順の例であり、(1)から(8)の順で作成される。先ず、基体10上に、下シールド層11、下電極層12、MTJ膜8を順次形成する((1))。その上にステンシルPR21を形成し((2))ミリングした((3))後に、絶縁層13および縦バイアス層6を順次形成し、リフトオフする((4))。更に、PR22を形成しミリングした後((6))に、次にパターン化されたMTJ膜端部を酸化または窒化する((6))。酸化は、大気中、酸素を不活性元素で希釈した雰囲気中、もしくは圧力を下げた酸素雰囲気中において自然酸化する方法でも、酸素を不活性元素で希釈し圧力を調節した雰囲気中でプラズマを発生させ、接触させる方法で作成する方がよい。あるいは、ミリングを行う際にミリングガス中に酸素もしくは窒素を適量導入し、ミリングを行いながらMTJ膜側壁部を酸化もしくは窒化する事もできる。酸化もしくは窒化行程が終わったらPR22を除去する((6))。下電極層12が露出するまで絶縁層13を穴あけし((7))、上シールド層15を形成する((8))。

【0087】第四の実施形態に係る磁気抵抗効果ヘッドの作成手順の例は、上記第四の実施形態において示した作成手順と同様であるので、説明は省略する。

【0088】図27は、第五の実施形態に係る磁気抵抗効果ヘッドの作成手順の例であり、(1)から(6)の順で作成される。基体10上に、下シールド層11、下電極層12、MTJ膜8、界面制御層7、縦バイアス層6を順次形成する((1))。その上にステンシルPR21を形成し((2))、ミリングした後に、パターン化されたM

TJ膜8の側壁部を酸化または窒化する((3))。酸化は、大気中、酸素を不活性元素で希釈した雰囲気中、もしくは圧力を下げた酸素雰囲気中において自然酸化する方法でも、酸素を不活性元素で希釈し圧力を調節した雰囲気中でプラズマを発生させ、プラズマに素子を接触させる方法(プラズマ酸化法)でもかまわない。窒化は、窒素を不活性ガスで希釈し圧力を調節した雰囲気中でプラズマを発生させ、接触させる方法で作成する方がよい。あるいは、ミリングを行う際にミリングガス中に酸素もしくは窒素を適量導入し、ミリングを行いながらMTJ膜8側壁部を酸化もしくは窒化する事もできる。酸化もしくは窒化行程が終わったら絶縁層13を成膜し、リフトオフする((4))。下電極層12が露出するまで絶縁層13を穴あけし((5))、上電極層14及び上シールド層15を形成する((6))。

【0089】次に、本発明に係る磁気抵抗効果ヘッドを、磁気記録再生ヘッド及び磁気記録システムへ適用した例を示す。図28は、本発明に係る磁気抵抗効果ヘッドを適用した、磁気記録再生ヘッドの概略図である。この磁気記録再生ヘッド130は、基体42上に設けられ磁気抵抗効果ヘッドをその一部に含む再生ヘッド45と、磁極43、コイル41、上磁極44からなる記録ヘッド46とから構成されている。この際、上部シールド膜と下部磁性膜とを共通にしても、別に設けてもかまわない。このヘッドにより、記録媒体上に信号を書き込み、また、記録媒体から信号を読み取るのである。再生ヘッドの感知部分と、記録ヘッドの磁気ギャップはこのように同一スライダ上に重ねた位置に形成することで、同一とラックに同時に位置決めができる。このヘッドをスライダに加工し、磁気記録システムに搭載するようにした。

【0090】図29は、図28に示した磁気記録再生ヘッドを備えた磁気抵抗変換システムを示す概略図であり、スライダを構成する基板129に記録再生素子部(磁気記録再生ヘッド)130が形成され、保護膜132によって保護されている。基板129は、例えば $\text{Al}_2\text{O}_3-\text{TiO}$ 複合セラミックス等から構成され、保護膜132は、例えばDLC(ダイヤモンドライカーボン)から構成されている。この記録再生素子部130には、記録素子部(記録ヘッド)に接続された電極端子131a、及び再生素子部(再生ヘッド)に接続された電極端子131bが各々形成されている。電極端子131aは、記録素子部に駆動電流を印加し記録動作を生じさせる電流駆動回路133に接続されている。また、電極端子131bは、再生素子部にセンス電流を流す電流発生回路134と、再生素子部の抵抗率変化により発生する電圧変化を検出される磁界の関数として検出し、記録媒体上の記録データ情報を読みとるためのデータ読取回路135とに接続されている。このように磁気抵抗変換システムは、記録再生素子部130と、電流発生回路1

34と、データ読取回路135と、を備えている。

【0091】図30は、図29に示した磁気抵抗変換システムを用いた磁気記録システムの一例を示す概略図である。この磁気記録システムは、磁気抵抗変換システムと、磁気抵抗変換システムのうちの磁気記録再生ヘッド（図中符号103）と、データ記録のための複数個のトラック有する磁気記録媒体102と、磁気記録再生ヘッド103を磁気記録媒体102上の所定の位置に移動させるVCM（ヴォイスコイルモータ）（第1のアクチュエータ）106と、磁気記録媒体102を回転駆動させるモータ（第2のアクチュエータ）101と、を備えている。この図において、駆動用のモータ101により回転される磁気記録媒体102の磁気記録面に対向して磁気記録再生ヘッド103が、サスペンション104、アーム105により取り付けられ、VCM106によりトラッキングされる。記録再生動作は、磁気記録再生ヘッド103への記録再生チャネル107からの信号により行われる。この記録再生チャネル107と、ヘッドの位置決めを行うVCM106と、記録媒体102を回転させるモータ101とは、制御ユニット108により連動するように制御されている。

【0092】図31は、磁気記録システムの具体例を示した斜視図である。この例においては、ヘッドスライダーを兼ねる基板52上に、磁気記録再生ヘッド103（再生ヘッド51および記録ヘッド50）が形成されており、これを磁気記録媒体53上に位置ぎめして再生を行う。磁気記録媒体53は回転し、ヘッドスライダーは磁気記録媒体53の上を、0.2μm以下の高さ、あるいは接触状態で対抗して相対運動する。この機構により、再生ヘッド51は磁気記録媒体53に記録された磁気的信号を、その漏れ磁界54から読み取ることのできる位置に設定されるのである。

### 【0093】

【実施例】本発明に係る磁気抵抗効果ヘッドの第一乃至第四の実施例について、以下に説明する。

【0094】[第一の実施例]上記第一の実施形態に係る磁気抵抗効果ヘッドである、図8の構造のヘッドを作成した。この際MTJ膜としては、Ta(3nm)/Ni82Fe18(5nm)/Co90Fe10(0.5nm)/Al酸化物(0.7nm)/Co90Fe10(2nm)/Ru(0.7nm)/Co90Fe10(2nm)/Pt46Mn54(15nm)/Ta(3nm)、を用いた。膜形成後には、250°C、5時間の熱処理を成膜時の磁界とは直交する方向に5000Oeの磁界を印加しつつ行った。ヘッド試作の際のMTJ膜部のパターンングでは、MTJ膜は固定層(Co90Fe10(2nm)/Ru(0.7nm)/Co90Fe10(2nm))の途中までミリングによりパターンングした。MTJ膜パターン化、およびパターン化したMTJ膜端部の酸化には、通常のミリング+プラズマ酸化の手法を用いた。具体的に

は、MTJ膜を通常のミリング装置により0.3Paの純Arガス雰囲気中でミリングした後に、プラズマ酸化装置(アッシング装置)に移し、MTJ膜端面および固定層のミリング残りを酸化した。アッシング条件は0.3PaのAr、0.1PaのO<sub>2</sub>雰囲気中に、200WのRFパワーを印加して発生したプラズマに20分間MTJ膜端部を接触させることにより行った。比較のためにプラズマ酸化工程を省略して作成したヘッドも試作した。ヘッドを構成する各要素としては以下のものを用いた。

基体…厚さ2nmのアルチック上にアルミニウムを10μm積層したもの

下シールド層…厚さ1μmのCo65Ni12Fe23  
(組成はat%、以下同じ)

下電極層…Ta(1.5nm)/Pt(10nm)/Ta  
(10nm)

上電極層…Ta(1.5nm)/Au(20nm)/Ta  
(3nm)

上シールド層…厚さ1μmのCo89Zr4Ta4Cr  
3

絶縁層…厚さ40nmのアルミニウム

縦バイアス層…Cr(10nm)/Co74.5Cr1  
0.5Pt15(36nm)

界面制御層…なし

下ギャップ層…なし

上ギャップ層…なし

上部層…なし

【0095】このヘッドを、図28のような記録再生一体型ヘッドに加工およびスライダ加工し、CoCrTa系媒体上にデータを記録再生した。この際、書き込みトランク幅は3μm、書き込みギャップは0.2μm、読み込みトランク幅は2μmとした。書き込みヘッド部のコイル部作成時のフォトレジスト硬化工程は250°C、2時間とした。この工程により本来は素子高さ方向を向いていなければならない固定層および固定する層の磁化方向が回転し、磁気抵抗効果素子として正しく動作しなくなってしまったので、再生ヘッド部および記録ヘッド部作成終了後に、200°C、5000Oe磁界中、1時間の着磁熱処理を行った。この着磁熱処理によるフリー層の磁化容易軸の着磁方向への回転は、磁化曲線からほとんど観測されなかった。

【0096】まったく作成手順において10個のヘッドを作成した。媒体の保磁力は3.0kOe、MrTは0.35mmu/cm<sup>2</sup>とした。試作したヘッドを用いて、再生出力を測定した。10個のヘッドの再生出力測定結果を以下に示す。MTJ膜端面および固定層残りのプラズマ酸化無しの場合は、再生出力が3mV以上のものは1個もなく、10個中9個までが1mV以下であった。3mV以上を合格とすると、ヘッドとしての歩留まりはゼロである。ほとんどゼロのヘッドでは抵抗が極めて小さく、MTJ膜パターン化時に発生したバリがあるいはミリン

グ残りの固定層による通電面積の広がりによりセンス電流のバイパス経路が形成されていることがわかった。一方、通常ミリング+プラズマ酸化の場合は、10個中8個までは再生出力が3mV以上であり、歩留まりが80%

【表1】  
プラズマ酸化なしの場合

サンプルNo.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
再生出力 (mV)	1.1	0.4	0.9	0.3	0.7	0.9	0.7	0.5	0.1	0.9

【表2】

【表2】  
プラズマ酸化処理をした場合

サンプルNo.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
再生出力 (mV)	3.2	3.2	3.1	2.4	3.0	3.1	3.3	3.3	3.0	1.9

【0097】[第二の実施例] 上記第三の実施形態に係る磁気抵抗効果ヘッドを作成した。この際MTJ膜としては、Ta(3nm)/Pt46Mn54(15nm)/Co90Fe10(2nm)/Ru(0.8nm)/Co90Fe10(2nm)/Al1酸化物(1.5nm)/Co90Fe10(0.5nm)/Ni82Fe18(5nm)/Ta(3nm)を用いた。膜形成後には250°C、5時間の熱処理を成膜時の磁界とは直交する方向に5000eの磁界を印加しつつ行った。ヘッド試作の際のMTJ部のパターニングでは、MTJ膜は最下層のTaまですべてミリングによりパターニングした。MTJ膜パターン化、およびパターン化したMTJ膜端部の酸化及び窒化には以下の5種類の手法を用いた。

【0098】1. 通常のミリング+プラズマ酸化  
MTJ膜を通常のミリング装置により0.3Paの純Arガス雰囲気中でミリングした後に、プラズマ酸化装置（アッシング装置）に移し、MTJ膜端面を酸化した。アッシング条件は、0.3PaのAr、0.1PaのO<sub>2</sub>雰囲気中に200WのRFパワーを印加して発生したプラズマに20分間MTJ膜端部を接触させることにより行った。

【0099】2. 通常のミリング+自然酸化  
MTJ膜を通常のミリング装置により0.3Paの純Arガス雰囲気中でミリングした後に、MTJ膜端部を1気圧の乾燥酸素雰囲気中に1時間放置することにより行った。

【0100】3. 通常のミリング+窒化  
MTJ膜を通常のミリング装置により0.3Paの純Arガス雰囲気中でミリングした後に、プラズマ酸化装置（アッシング装置）に0.5PaのAr、0.5PaのN<sub>2</sub>雰囲気中に200WのRFパワーを印加して発生したプラズマに120分間MTJ膜端部を接触させることにより行った。

【0101】4. (酸素+Ar)雰囲気中ミリング  
ミリング装置にAr 0.3Paと酸素 0.1Paを同時に導入し、ミリングとMTJ膜端部の酸化を同時に行った。

【0102】5. (窒素+Ar)雰囲気中ミリング

と向上した。MTJ膜端面および固定層のミリング残りがプラズマ酸化されることによりセンス電流のバイパス経路が無くなり、出力が向上したのである。

## 【表1】

ミリング装置にAr 0.3Paと窒素 0.1Paを同時に導入し、ミリングとMTJ膜端部の窒化を同時に行なった。

【0103】比較のためにプラズマ酸化工程を省略して作成したヘッドも試作した。ヘッドを構成する各要素としては以下のものを用いた。

基体…厚さ2nmのアルチック上にアルミナを10μm積層したもの

下シールド層…厚さ1μmのCo65Ni12Fe23（組成はat%、以下同じ）

下電極層…Ta(1.5nm)/Mo(80nm)/Ta(3nm)

上電極層…Ta(1.5nm)/Au(40nm)/Ta(3nm)

上シールド層…厚さ1μmのCo89Zr4Ta4Cr3

絶縁層…厚さ40nmのアルミナ

縦バイアス層…Cr(10nm)/Co74.5Cr10.5Pt15(36nm)

界面制御層…なし

下ギャップ層…なし

上ギャップ層…なし

上部層…なし

【0104】この磁気抵抗効果ヘッドを、図28のような記録再生一体型ヘッドに加工およびスライダ加工し、CoCrTa系媒体上にデータを記録再生した。この際、書き込みトラック幅は3μm、書き込みギャップは0.2μm、読み込みトラック幅は2μmとした。書き込みヘッド部のコイル部作成時のフォトレジスト硬化工程は250°C、2時間とした。この工程により本来は素子高さ方向を向いていなければならない固定する層および固定する層の磁化方向が回転し、磁気抵抗効果素子として正しく動作しなくなってしまったので、再生ヘッド部および記録ヘッド部作成終了後に、200°C、5000e磁界中、1時間の着磁熱処理を行なった。この着磁熱処理によるフリー層の磁化容易軸の着磁方向への回転は、磁化曲線からほとんど観測されなかった。

【0105】まったく同様の作成手順において、10個

のヘッドを作成した。媒体の保磁力は3.0kOe、MrTは0.35emu/cm<sup>2</sup>とした。試作したヘッドを用いて、再生出力を測定した。10個のヘッドの再生出力測定結果を以下に示す。MTJ膜端面のプラズマ酸化無しの場合は、再生出力が3mV以上と大ききいものが2個あったが、8個は出力が小さく、そのうち5個は再生出力がほとんどゼロであった。3mV以上を合格とすると、ヘッドとしての歩留まりは20%と低いことがわかる。再生出力がほとんどゼロのヘッドでは抵抗が極めて小さく、MTJ膜パターン化時に発生したバリにより固定する層とフリー層とが短絡していることがわかった。一方、通常ミリング+プラズマ酸化の場合は、10個中8個までは再生出力が3mV以上であり、歩留まりが80%

## 酸化無しの場合

サンプルNo.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
再生出力(mV)	2.4	1.2	0	0.7	0	0	3.1	0	0	3.0

【表4】

## 通常ミリング+プラズマ酸化処理の場合

サンプルNo.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
再生出力(mV)	3.1	3.2	3.0	0.8	3.1	3.2	3.0	3.0	0	3.0

【表5】

## 通常ミリング+自然酸化処理の場合

サンプルNo.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
再生出力(mV)	3.2	3.0	0	0	3.0	3.0	3.1	3.0	3.1	0

【表6】

## 通常ミリング+窒化処理の場合

サンプルNo.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
再生出力(mV)	0	0.2	3.1	3.0	1.4	3.2	3.0	3.0	0	3.0

【表7】

## (酸素+Ar)雰囲気中ミリングの場合

サンプルNo.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
再生出力(mV)	0.7	0.6	1.4	3.1	3.0	2.4	3.0	3.1	3.1	1.9

【表8】

## (窒素+Ar)雰囲気中ミリングの場合

サンプルNo.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
再生出力(mV)	3.1	3.2	2.1	2.3	3.1	1.4	0	1.7	1.9	3.2

【0106】[第三の実施例] 上記第四の実施形態に係る磁気抵抗効果ヘッドを作成した。この際MTJ膜としては、Ta(3nm)/Pt46Mn54(15nm)/Co90Fe10(2nm)/Ru(0.8nm)/Co90Fe10(2nm)/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(1.5nm)/Ni82Fe18(5nm)/Ta(3nm)を用いた。膜形成後には250°C、5時間の熱処理を成膜時の磁界とは直交する方向に5000Oeの磁界を印加しつつ行った。ヘッド試作の際のMTJ部のパターンニングでは、MTJ膜は最下層のTaまですべてミリングによりパターンニングした。MTJ膜を通常のミリング装置により0.3Paの純Arガス雰囲気中でミリングした後に、プラズマ酸化装置(アッシング装置)に移し、MTJ膜端面を酸化した。アッシング条件は、0.

と向上した。通常ミリング+自然酸化の場合は歩留まり70%、通常ミリング+窒化の場合は60%、(酸素+Ar)雰囲気中ミリングの場合は50%、(窒素+Ar)雰囲気中ミリングの場合は40%と、なにも処理をしなかった場合よりは歩留まりが向上した。これら、本発明を適用した場合は、MTJ膜パターン化時に発生したバリが酸化または窒化され絶縁物に変わったため、MR比を下げる原因ではなくなったためと考えられる。今回は、通常ミリング+プラズマ酸化が最も良好な特性が得られたが、それ以外の場合もミリング及びMTJ端面酸化及び窒化の条件最適化によりプラズマ酸化と同等の特性が得られる可能性がある。

## 【表3】

3PaのAr、0.1PaのO<sub>2</sub>雰囲気中に200WのRFパワーを印加して発生したプラズマに、20分間MTJ膜端部を接触させることにより行った。比較のためにプラズマ酸化工程を省略して作成したヘッドも試作した。ヘッドを構成する各要素としては以下のものを用いた。基体…厚さ2nmのアルチック上にアルミニウムを10μm積層したもの  
下シールド層…厚さ1μmのCo65Ni12Fe23(組成はat%、以下同じ)  
下電極層…Ta(1.5nm)/Mo(80nm)/Ta(3nm)  
上電極層…Ta(1.5nm)/Au(40nm)/Ta(3nm)  
上シールド層…厚さ1μmのCo89Zr4Ta4Cr

3

絶縁層…厚さ40nmのアルミナ

縦バイアス層…Cr(10nm)/Co74.5Cr1  
0.5Pt15(36nm)

界面制御層…なし

下ギャップ層…なし

上ギャップ層…なし

上部層…なし

【0107】このヘッドを、図28のような記録再生一体型ヘッドに加工およびスライダ加工し、CoCrTa系媒体上にデータを記録再生した。この際、書き込みトラック幅は3μm、書き込みギャップは0.2μm、読み込みトラック幅は2μmとした。書き込みヘッド部のコイル部作成時のフォトレジスト硬化工程は250°C、2時間とした。この工程により本来は素子高さ方向を向いていなければならぬ固定する層および固定する層の磁化方向が回転し、磁気抵抗効果素子として正しく動作しなくなつたので、再生ヘッド部および記録ヘッド部作成終了後に、200°C、5000e磁界中、1時間の着磁熱処理を行つた。この着磁熱処理によるフリー層の磁化

## 酸化無しの場合

サンプルNo.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
再生出力(mV)	0	1.3	0.9	0.4	0	1.6	0.3	3.1	0	2.4

【表10】

## 通常ミリング+プラズマ酸化処理の場合

サンプルNo.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
再生出力(mV)	3.0	3.0	3.1	3.3	3.0	3.1	3.2	0	3.1	3.1

【0109】[第四の実施例] 上記第五の実施形態に係る磁気抵抗効果ヘッドを作成した。この際MTJ膜としては、Ta(3nm)/Pt46Mn54(15nm)/Co90Fe10(2nm)/Ru(0.8nm)/Co90Fe10(2nm)/Al1酸化物(1.5nm)/Co90Fe10(0.5nm)/Ni82Fe18(5nm)/Ta(3nm)を用いた。膜形成後には250°C、5時間の熱処理を成膜時の磁界とは直交する方向に5000eの磁界を印加しつつ行った。ヘッド試作の際のMTJ部のパーニングでは、MTJ膜は最下層のTaまですべてミリングによりパーニングした。MTJ膜を通常のミリング装置により0.3Paの純Arガス雰囲気中でミリングした後に、プラズマ酸化装置(アッシング装置)に移し、MTJ膜端面を酸化した。アッシング条件は0.3PaのAr、0.1PaのO<sub>2</sub>雰囲気中に200WのRFパワーを印加して発生したプラズマに、20分間MTJ膜端部を接触させることにより行った。比較のためにプラズマ酸化工程を省略して作成したヘッドも試作した。ヘッドを構成する各要素としては以下のものを用いた。  
基体…厚さ2nmのアルチック上にアルミナを10μm積層したもの  
下シールド層…厚さ1μmのCo65Ni12Fe23

容易軸の着磁方向への回転は、磁化曲線からほとんど観測されなかった。

【0108】まったく同様の作成手順において10個のヘッドを作成した。媒体の保磁力は3.0kOe、MrTは0.35emu/cm<sup>2</sup>とした。試作したヘッドを用いて、再生出力を測定した。10個のヘッドの再生出力測定結果を以下に示す。MTJ膜端面のプラズマ酸化無しの場合は、再生出力が3mV以上と大ききいものが1個あつたが、9個は出力が小さかった。3mV以上を合格すると、ヘッドとしての歩留まりは10%と低いことがわかる。再生出力がほとんどゼロのヘッドでは抵抗が極めて小さく、MTJ膜パターン化時に発生したバリにより固定する層とフリー層とが短絡していることがわかった。一方、通常ミリング+プラズマ酸化の場合は、10個中9個までは再生出力が3mV以上であり、歩留まりが90%と向上した。本発明を適用した場合はMTJ膜パターン化時に発生したバリが酸化され絶縁物に変わったため、MR比を下げる原因ではなくなつたためと考えられる。

## 【表9】

(組成はa t %、以下同じ)

下電極層…Ta(1.5nm)/Mo(80nm)/Ta(3nm)

上電極層…Ta(1.5nm)/Au(40nm)/Ta(3nm)

上シールド層…厚さ1μmのCo89Zr4Ta4Cr3

絶縁層…厚さ40nmのアルミナ

縦バイアス層…Cr(10nm)/Co74.5Cr1  
0.5Pt15(36nm)

界面制御層…なし

下ギャップ層…なし

上ギャップ層…なし

上部層…なし

【0110】このヘッドを、図28のような記録再生一体型ヘッドに加工およびスライダ加工し、CoCrTa系媒体上にデータを記録再生した。この際、書き込みトラック幅は3μm、書き込みギャップは0.2μm、読み込みトラック幅は2μmとした。書き込みヘッド部のコイル部作成時のフォトレジスト硬化工程は250°C、2時間とした。この工程により本来は素子高さ方向を向いていなければならぬ固定する層および固定する層の磁

化方向が回転し、磁気抵抗効果素子として正しく動作しなくなったので、再生ヘッド部および記録ヘッド部作成終了後に、200°C、5000e磁界中、1時間の着磁熱処理を行った。この着磁熱処理によるフリー層の磁化容易軸の着磁方向への回転は、磁化曲線からほとんど観測されなかった。

【0111】まったく作成手順において10個のヘッドを作成した。媒体の保磁力は3.0kOe、MrTは0.35emu/cm<sup>2</sup>とした。試作したヘッドを用いて、再生出力を測定した。10個のヘッドの再生出力測定結果を以下に示す。MTJ膜端面のプラズマ酸化無しの場合は、再生出力が3mV以上と大ききいものが1個あった

## 酸化無しの場合

サンプルNo.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
再生出力(mV)	2.2	0.7	0.1	0.2	0.8	0	1.6	1.7	3.1	0

【表12】

## 通常ミリング+プラズマ酸化処理の場合

サンプルNo.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
再生出力(mV)	3.0	3.1	3.1	3.1	0.9	3.1	3.1	0	3.2	3.0

【0112】次に、本発明を適用して試作された磁気記録装置の説明をする。磁気記録装置は、ベース上に3枚の磁気ディスク（磁気記録媒体）を備え、ベース裏面にヘッド駆動回路および信号処理回路と入出力インターフェイスとを収めている。外部とは32ビットのバスラインで接続される。磁気ディスクの両面には6個のヘッドが配置されている。ヘッドを駆動するためのロータリーアクチュエータ（アクチュエータ手段）とその駆動及び制御回路、ディスク回転用スピンドル直結モータが搭載されている。ディスクの直径は46mmであり、データ面は直径10mmから40mmまでを使用する。埋め込みサーボ方式を用い、サーボ面を有しないため高密度化が可能である。本装置は、小型コンピューターの外部記録装置として直接接続が可能になっている。入出力インターフェイスには、キャッシュメモリを搭載し、転送速度が毎秒5から20メガバイトの範囲であるバスラインに対応する。また、外部コントローラを置き、本装置を複数台接続することにより、大容量の磁気ディスク装置を構成することも可能である。

## 【0113】

【発明の効果】本発明の適用により、従来のものより再生波形のノイズが少なく、S/N比及びビットエラーレートが良好な磁気抵抗効果ヘッドを得ることができる。また、この磁気抵抗効果ヘッドを用いて、高性能な磁気記録再生装置、磁気記録装置を得ることができる。

## 【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明に係る磁気抵抗効果ヘッドの第一の実施形態の一例を示す概略側断面図である。

【図2】 本発明に係る磁気抵抗効果ヘッドの第一の実施形態の他の一例を示す概略側断面図である。

【図3】 本発明に係る磁気抵抗効果ヘッドの第一の

が、9個は出力が小さかった。3mV以上を合格すると、ヘッドとしての歩留まりは10%と低いことがわかる。再生出力がほとんどゼロのヘッドでは抵抗が極めて小さく、MTJ膜パターン化時に発生したバリにより固定する層とフリー層とが短絡していることがわかった。一方、通常ミリング+プラズマ酸化の場合は、10個中8個までは再生出力が3mV以上であり、歩留まりが80%と向上した。本発明を適用した場合はMTJ膜パターン化時に発生したバリが酸化され絶縁物に変わったため、MR比を下げる原因ではなくたためと考えられる。

【表11】

実施形態の更に他の一例を示す概略側断面図である。

【図4】 本発明に係る磁気抵抗効果ヘッドの第一の実施形態の更に他の一例を示す概略側断面図である。

【図5】 本発明に係る磁気抵抗効果ヘッドの第一の実施形態の更に他の一例を示す概略側断面図である。

【図6】 本発明に係る磁気抵抗効果ヘッドの第一の実施形態の更に他の一例を示す概略側断面図である。

【図7】 本発明に係る磁気抵抗効果ヘッドの第一の実施形態の更に他の一例を示す概略側断面図である。

【図8】 本発明に係る磁気抵抗効果ヘッドの第一の実施形態の更に他の一例を示す概略側断面図である。

【図9】 本発明に係る磁気抵抗効果ヘッドの第一の実施形態の更に他の一例を示す概略側断面図である。

【図10】 本発明に係る磁気抵抗効果ヘッドの第一の実施形態の更に他の一例を示す概略側断面図である。

【図11】 本発明に係る磁気抵抗効果ヘッドの第一の実施形態の更に他の一例を示す概略側断面図である。

【図12】 本発明に係る磁気抵抗効果ヘッドの第一の実施形態の更に他の一例を示す概略側断面図である。

【図13】 本発明に係る磁気抵抗効果ヘッドの第二の実施形態の一例を示す概略側断面図である。

【図14】 本発明に係る磁気抵抗効果ヘッドの第三の実施形態の一例を示す概略側断面図である。

【図15】 本発明に係る磁気抵抗効果ヘッドの第三の実施形態の他の一例を示す概略側断面図である。

【図16】 本発明に係る磁気抵抗効果ヘッドの第四の実施形態の一例を示す概略側断面図である。

【図17】 本発明に係る磁気抵抗効果ヘッドの第五の実施形態の一例を示す概略側断面図である。

【図18】 本発明に係る磁気抵抗効果ヘッドの第六の実施形態の一例を示す概略側断面図である。

【図19】 本発明に係る磁気抵抗効果ヘッドの第一の実施形態の一例を示す概略平面図である。

【図20】 本発明に係る磁気抵抗効果ヘッドの第二の実施形態の一例を示す概略平面図である。

【図21】 本発明に係る磁気抵抗効果ヘッドの第三の実施形態の一例を示す概略平面図である。

【図22】 本発明に係る磁気抵抗効果ヘッドの第四の実施形態の一例を示す概略平面図である。

【図23】 本発明に係る磁気抵抗効果ヘッドの第五の実施形態の一例を示す概略平面図である。

【図24】 上記第一の実施形態に係る磁気抵抗効果ヘッドの作成手順を示す平面図である。

【図25】 上記第二の実施形態に係る磁気抵抗効果ヘッドの作成手順を示す平面図である。

【図26】 上記第三の実施形態に係る磁気抵抗効果ヘッドの作成手順を示す平面図である。

【図27】 上記第五の実施形態に係る磁気抵抗効果ヘッドの作成手順を示す平面図である。

【図28】 本発明に係る磁気抵抗効果ヘッドを適用した、磁気記録再生ヘッドの斜視図である。

【図29】 上記磁気記録再生ヘッドを備えた磁気抵抗変換システムを示す概略図である。

【図30】 上記磁気抵抗変換システムを備えた磁気記録システムを示す概略図である。

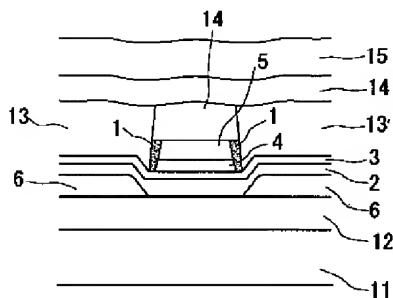
【図31】 本発明に係る磁気記録システムの具体例を示す斜視図である。

#### 【符号の説明】

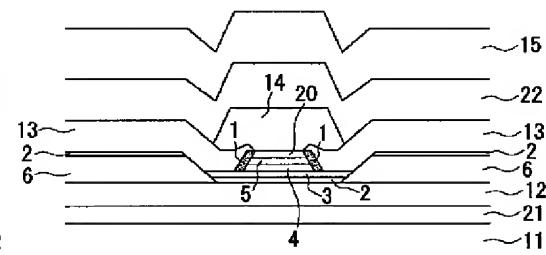
- 1…酸化層・塗化層（強磁性トンネル接合膜を構成する金属材料の酸化物もしくは塗化物）
- 2…フリー層
- 3…バリア層
- 4…固定層

- 5…固定する層
- 6…縦バイアス層
- 7…界面制御層
- 8…MTJ膜（強磁性トンネル接合膜）
- 10…基体
- 11…下シールド層
- 12…下電極層
- 13…絶縁層
- 14…上電極層
- 15…上シールド層
- 20…上部層
- 21…下ギャップ層
- 22…上ギャップ層
- 24…保護層
- 25…ギャップ調整導電層
- 41…コイル
- 42…基体
- 43…磁極
- 44…上磁極
- 45…再生ヘッド
- 46…ABS面（エアー・ベアリング表面）
- 50…記録ヘッド
- 51…再生ヘッド
- 52…ヘッドスライダーを兼ねる基板
- 53…記録媒体
- 54…媒体からの漏れ磁界
- 101…モータ（第2のアクチュエータ）
- 102…磁気記録媒体
- 106…VCM（第1のアクチュエータ）
- 133…電流駆動回路
- 134…電流発生回路
- 135…データ読取回路

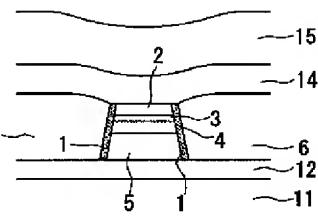
【図1】



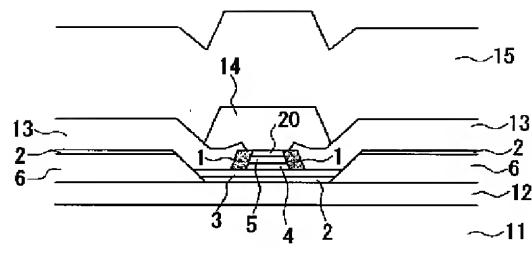
【図2】



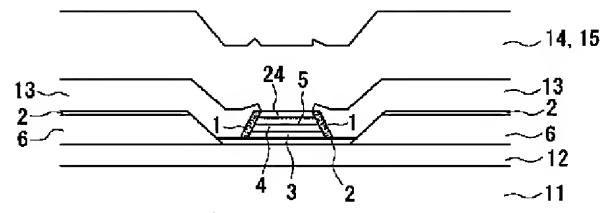
【図16】



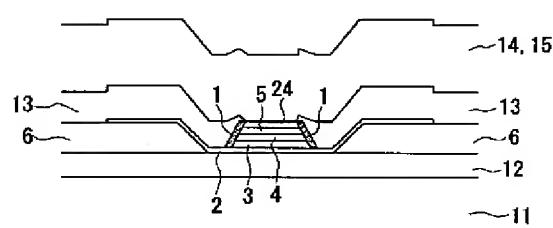
【図3】



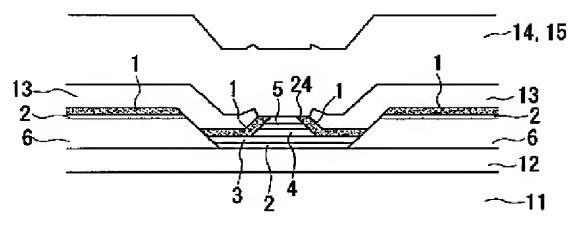
【図4】



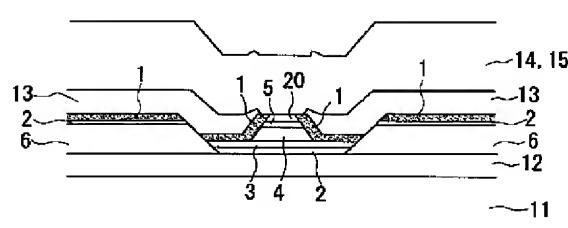
【図5】



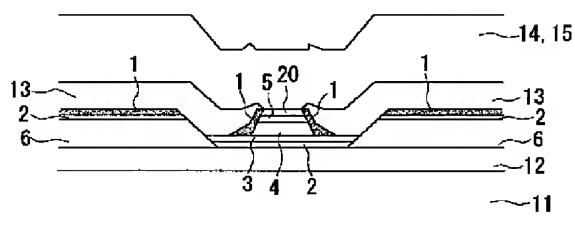
【図6】



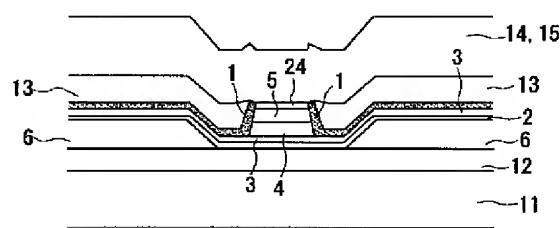
【図7】



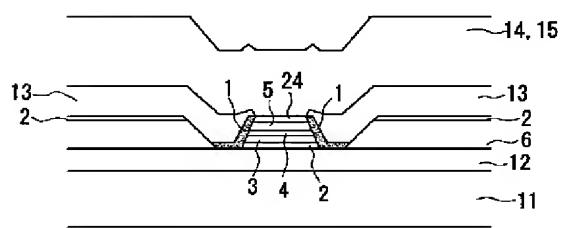
【図8】



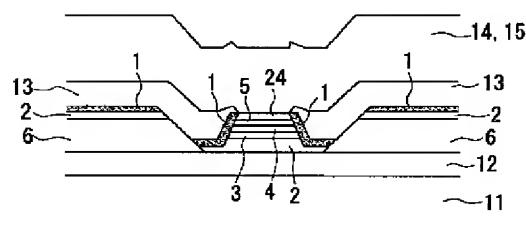
【図9】



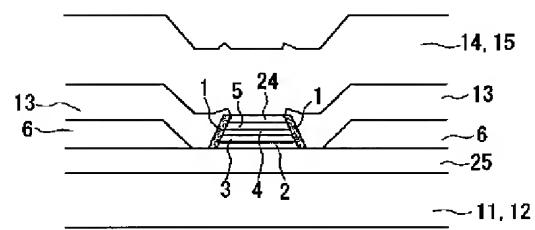
【図10】



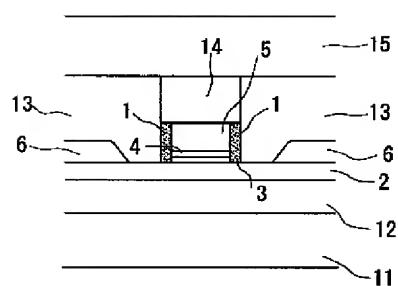
【図11】



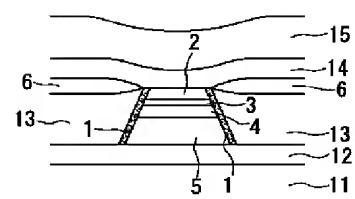
【図12】



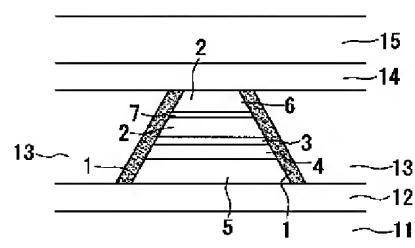
【図13】



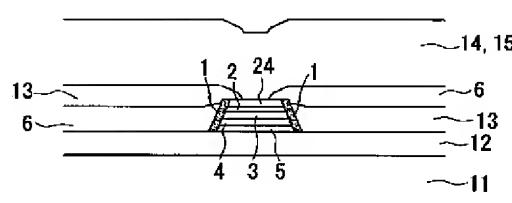
【図14】



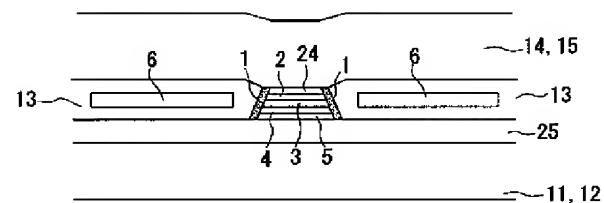
【図17】



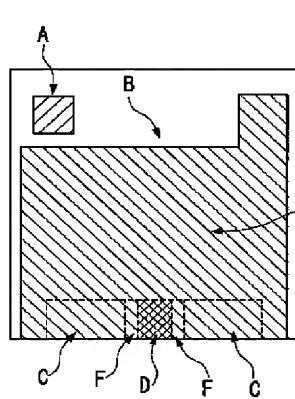
【図15】



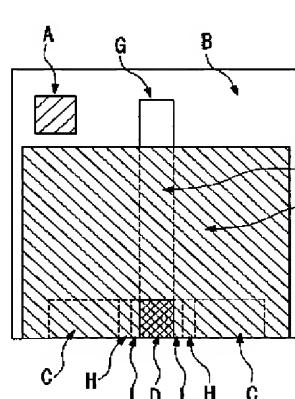
【図18】



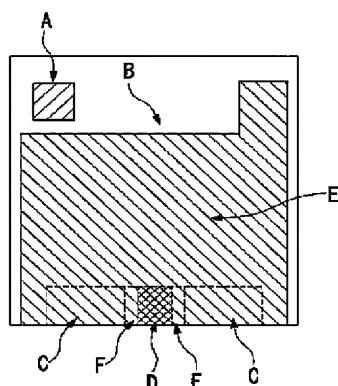
【図19】



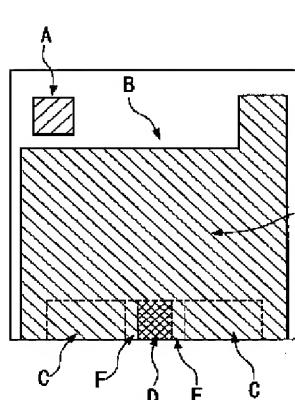
【図20】



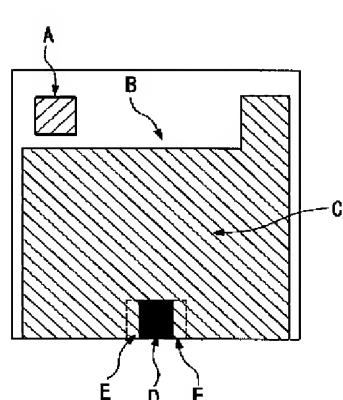
【図21】



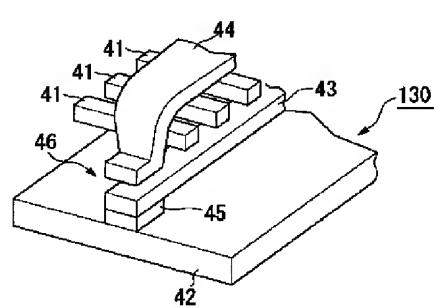
【図22】



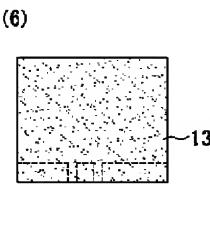
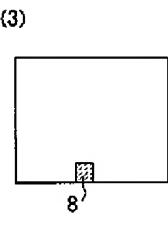
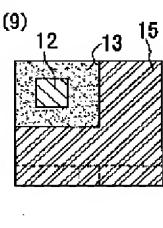
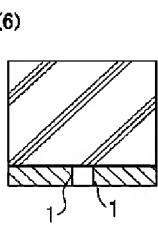
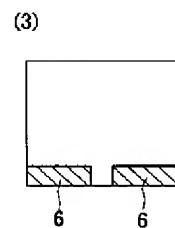
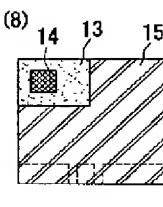
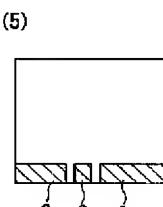
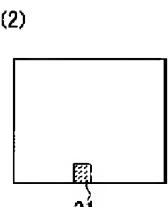
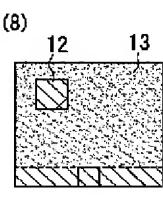
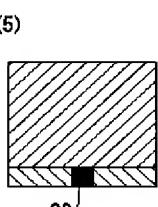
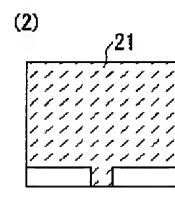
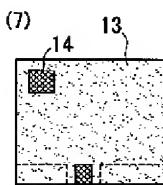
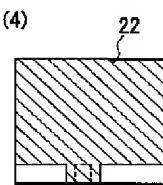
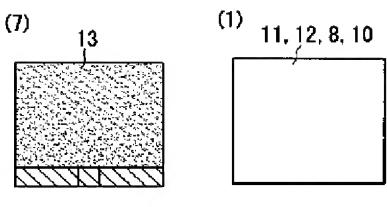
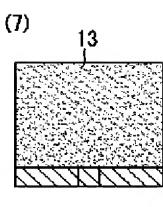
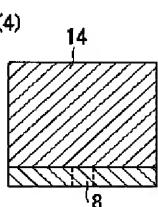
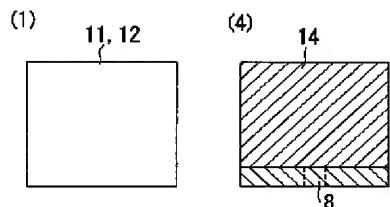
【図23】



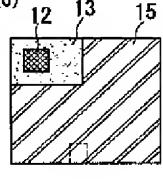
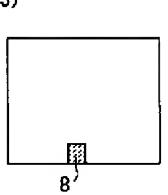
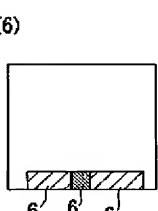
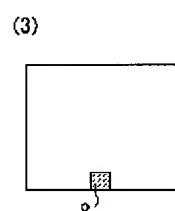
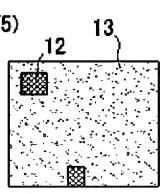
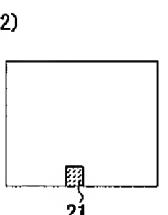
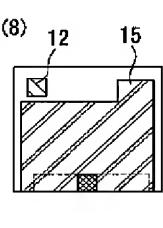
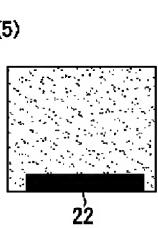
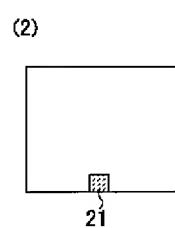
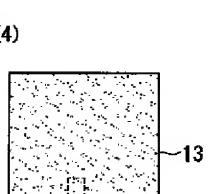
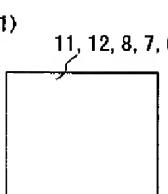
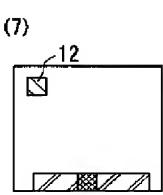
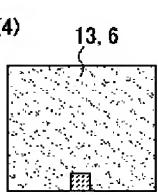
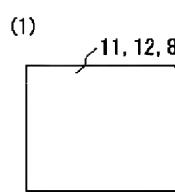
【図28】



【図24】

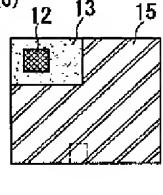
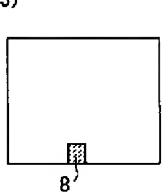
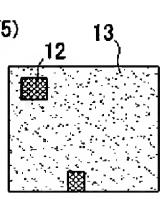
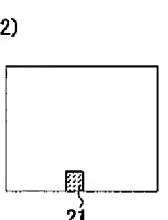
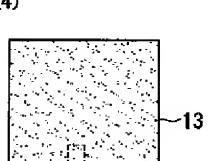
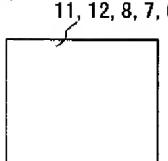


【図26】

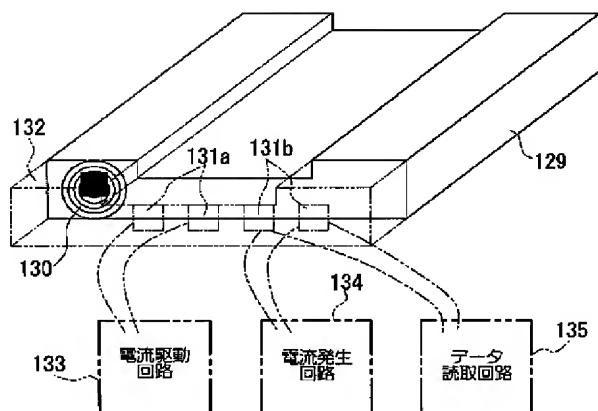


【図27】

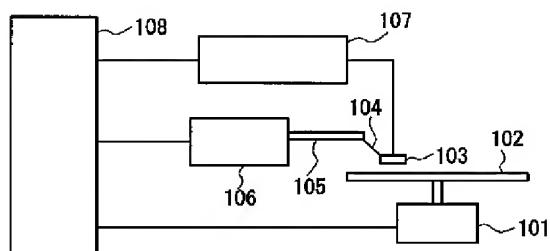
(1) 11, 12, 8, 7, 6 (4)



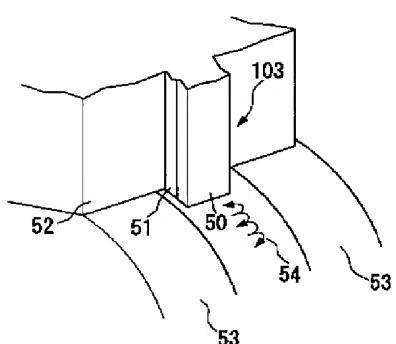
【図29】



【図30】



【図31】



フロントページの続き

(72) 発明者 大橋 啓之  
東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内  
(72) 発明者 石綿 延行  
東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内  
(72) 発明者 深見 栄三  
東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内  
(72) 発明者 永原 聖万  
東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内  
(72) 発明者 本庄 弘明  
東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

(72) 発明者 斎藤 信作  
東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内  
(72) 発明者 藤方 潤一  
東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内  
(72) 発明者 石原 邦彦  
東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内  
(72) 発明者 森 茂  
東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内  
(72) 発明者 柴植 久尚  
東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

(24) 2001-52316 (P2001-5J隠線

(72) 発明者 上條 敦  
東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株  
式会社内